

THESE

MARBURG

1965

Aus der Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten  
in Marburg  
Direktor: Professor Dr. med. J. Berendes

---

# **Rheographische-, elektromyographische, und Atemuntersuchungen an schlafenden Kindern nach sensiblen und sensorischen Reizen**

**Inaugural-Dissertation**  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnheilkunde  
der hohen Medizinischen Fakultät  
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

LANE MEDICAL LIBRARY  
STANFORD UNIVERSITY  
300 PASTEUR DRIVE  
PALO ALTO, CALIF.

**Günter/Heimann**  
aus Hagen (Westfalen)

Marburg 1965

---

Kleinoffsetdruck: Görich & Weiershäuser, Marburg



Aus der Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten  
in Marburg  
Direktor: Professor Dr. med. J. Berendes

---

# **Rheographische, elektromyographische und Atemuntersuchungen an schlafenden Kindern nach sensiblen und sensorischen Reizen**

**Inaugural-Dissertation**  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnheilkunde  
der hohen Medizinischen Fakultät  
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

**Günter Heimann**  
aus Hagen (Westfalen)

Marburg 1965

---

Kleinoffsetdruck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät  
der Philipps-Universität Marburg am 26. Juli 1965

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. H. Hensel

Referent: Dozent Dr. med. G. Kottmeyer

Correferent: Prof. Dr. med.. Dr. med. dent. H. Heuser

## Inhaltsverzeichnis

### A. Einleitung und Fragestellung

### B. Besprechung der Literatur

1. Allgemeiner Überblick über den Einfluß sensibler und sensorischer Reize auf die verschiedenen Körperfunktionen im Wachzustand
2. Ergebnisse neuerer Versuche
  - a) mit akustischen Reizen
  - b) mit Licht-, Geruchs-, Temperatur- und Berührungsreizen
3. Methoden objektiver Hörprüfung
4. Untersuchungen an schlafenden Versuchspersonen
  - a) Physiologie des Schlafes
  - b) Die Bedeutung der Formatio reticularis für die Reizleitung
  - c) Reizwirkungen im Schlaf

### C. Experimenteller Teil

1. Die Registrierung des Reizerfolges
  - a) Rheographie
  - b) Elektromyographie
  - c) Atemregistrierung
2. Versuchsaufbau - und bedingungen
3. Durchführung der Versuche und Ergebnisse
  - a) akustische Reize
  - b) Lichtreize
  - c) Geruchsreize
  - d) Temperaturreize
  - e) Berührungsreize

### D. Besprechung der Versuchsergebnisse

### E. Zusammenfassung

### F. Literaturverzeichnis



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

## A. Einleitung und Fragestellung

Jeder Mensch, ob er wacht oder schläft, ist einer Vielzahl verschiedener Reize ausgesetzt. Auf diese Reize kann sein vegetatives Nervensystem reagieren. Oft wird ihm die Reaktion bewußt, er errötet bei Scham und Zorn, bei Angst bricht ihm der Schweiß aus, beim Anblick schmackhafter Speisen "läuft ihm das Wasser im Munde zusammen". Oft aber wird ihm die Reaktion auf einen äußeren Reiz, zum Beispiel im Schlaf, nicht bewußt. Dann kann aber die Reizwirkung durch bestimmte Untersuchungsverfahren sichtbar gemacht werden.

Im vorigen Jahrhundert begann man, die Reaktionen des Vegetativums auf äußere Reize näher zu erforschen. Mit verfeinerten Meßverfahren ist man heute in der Lage, die Antwort vegetativer Nerven auf fast jeden Reiz zu registrieren. Diese Tatsache hat man sich bei den verschiedenen Methoden der objektiven Höruntersuchungen zunutze gemacht. Bei den üblichen Hörprüfungen war man auf die Angaben des Untersuchten angewiesen. Bekanntlich machen aber kleine, schwerhörige Kinder und Simulanten nur ungenaue oder keine Angaben über die Intensität der gehörten Wörter, Töne oder Geräusche. Aufgrund der alten Hörprüfmethode konnte man sich kein objektives Bild über das Hörvermögen des Patienten machen.

Von verschiedenen Autoren sind bereits objektive Methoden angegeben worden. In dem Bemühen, einfache, sichere und kliniksreife Prüfverfahren zu schaffen, werden ständig neue entwickelt oder alte verbessert. Besonders sind zu diesem Zwecke die Wirkungen von Schallreizen auf Kreislauf und Atmung untersucht worden. So hat z.B. KOTTMEYER eine objektive Hörprüfmethode angegeben, die auf der Registrierung des Volumenpulses am Finger beruht. Mit der gleichen

Methode gelang es ihm auch außerdem, Geruchs-, Temperatur- und Berührungsempfindungen nachzuweisen. WANDEL hat mit Hilfe dieser Methode bei Kindern die objektive Hörschwelle bestimmt. Dabei stellte sich heraus, daß nur dann fehlerfreie Ergebnisse zu erwarten sind, wenn sich das Kind während der Hörprüfung ganz ruhig verhält. Angst, innere und äußere Unruhe führen zu Ergebnissen, die nicht verwertbar sind. Aber gerade kleine und mißtrauische Kinder, bei denen die objektive Hörprüfmethode das Mittel der Wahl ist, sind bei der Untersuchung ängstlich.

Die Frage liegt nun nahe, ob es nicht möglich ist, objektive Hörprüfungen auch bei schlafenden Kindern durchzuführen. Störende Faktoren wie Unruhe und Angst wären dabei von vornherein ausgeschlossen. ROSENAU hat bereits eine Methode, die "Schlafbeschallung", angegeben. Dabei werden Atemveränderungen nach akustischen Reizen registriert. Dagegen haben KOTTMAYER und WANDEL beobachtet, daß Kinder, die während der Hörprüfung eingeschlafen waren, nicht mehr auf akustische Reize reagierten.

In der vorliegenden Arbeit soll nun untersucht werden, ob sich die von KOTTMAYER angegebene objektive Hörprüfmethode auch bei schlafenden Kindern durchführen läßt. Darüberhinaus sollen die Reaktionen auf Geruchs-, Temperatur-, Berührungs- und Lichtreize bei Kindern im Schlaf geprüft werden.

## B. Besprechung der Literatur

### 1. Allgemeiner Überblick über den Einfluß sensibler und sensorischer Reize auf die verschiedenen Körperfunktionen im Wachzustand

Die Frage nach dem Einfluß sensibler und sensorischer Reize auf die verschiedenen Körperfunktionen

hat besonders im vorigen Jahrhundert zahlreiche Forscher beschäftigt. Einer der ersten war 1872 DARWIN. Er sagte damals: "Die meisten unserer Gemütsbewegungen sind so innig mit ihren Ausdrucksformen verbunden, daß sie kaum existieren, wenn der Körper passiv bleibt". Der Physiologe BELL soll als erster die körperlichen Reaktionen nach verschiedenen Affekten untersucht haben. JAMES und LANGE stellten eine sensualistische Theorie auf. Sie besagte, daß die physiologischen Vorgänge an der Körperperipherie das eigentliche Wesen des Affektes seien. Somit sahen die Autoren z.B. das Erröten nicht als Folge der Scham an, sondern als eigentliches Wesen des Affektes. In einer Tabelle stellte LANGE die vasomotorischen Reaktionen im Bereich des Armes nach bestimmten Affekten auf. Gefäßerweiterung fand er im Zustand der Spannung, der Freude und bei Zorn; eine Gefäßverengung bei Enttäuschung, Kummer, Schreck und Verlegenheit. JAMES stellte das idiometrische Gesetz auf. Es besagte, daß durch jede Empfindung und Vorstellung die peripheren Vorgänge des Körpers in irgendeiner Weise beeinflußt werden. MOSSO machte erste Versuche mit einem Armplethysmographen. Er stellte fest, daß das Armvolumen bei Lustgefühl zunahm und bei Unlustgefühl abnahm. Zu gleichen Ergebnissen kam auch LEHMANN. Mit Geschmacks-, Geruchs-, Hör- und Schmerzreizen schaffte er Lust- beziehungsweise Unlustgefühle bei seinen Versuchspersonen. Er nahm an, daß ein äußerer Reiz nur dann körperliche Begleiterscheinungen hervorrufen könne, wenn er ins Bewußtsein gelangt. Die körperliche Reaktion sei um so größer, je mehr der Reiz die Aufmerksamkeit der Versuchsperson in Anspruch nähme. FÉRÉ nahm nach Farbreizen mit dem Dynamometer Messungen der Muskelkraft vor. Er fand, daß die Muskelkraft nach den Reizen zunahm und zwar mehr nach langweiligem als nach kurzweiligem Licht. Nach

akustischen Reizen stellte er fest, daß sowohl die Intensität als auch die Frequenz Einfluß auf die Muskelkraft hatten. Die dynamometrische Leistung stieg bei Stimmgabeltönen innerhalb einer Oktave ständig an, bis zum Doppelten des Ausgangswertes am Ende der Oktave. Umgekehrt war es jedoch, wenn die Töne über Knochenleitung das Ohr erreichten. ISTOMANOW und TARCHANOFF machten Versuche mit schwachen Hautreizen. Sie beobachteten auch eine Volumenabnahme der Extremität und ein Sinken der Hauttemperatur an den Stellen der Reizapplikation.

MENTZ hat die Wirkung akustischer Reize auf Puls und Atmung untersucht. Zu seinen besonders strengen Versuchsbedingungen gehört die Abschirmung der Versuchspersonen gegen störende Einflüsse. Als Reize wählte er Stimmgabeltöne, Geräusche und Klänge. Seine Versuchsergebnisse weisen Angaben über Frequenz und Amplitude von Puls und Atmung auf. Er stellte fest, daß die Reaktion von Puls und Atmung auf Klänge größer war als auf Töne. Zunehmende Intensität von Tönen, Geräuschen und Klängen bewirkte eine Vergrößerung der Pulsdauer, doch nahm sie bei sehr hohen Intensitäten wieder ab, "wegen des unvermeidlichen Auftretens von Unlustgefühlen". Eine unterschiedliche Pupillenreaktion beobachtete er nach Reizen mit harmonischen und disharmonischen Klängen. Konsonanzen bewirkten eine Verengerung, Dissonanzen eine Erweiterung der Pupille. Der Autor stellte auch eine Abhängigkeit der Wirksamkeit des Reizes von der Aufmerksamkeit des Probanden fest. So trat eine Verlängerung der Pulsdauer auf, wenn der akustische Reiz ohne besondere Aufmerksamkeit gehört wurde. Verkürzung der Pulsdauer trat dagegen bei besonderer Aufmerksamkeit der Versuchsperson auf.

KIESOW gibt Hinweise zu den Versuchsbedingungen. Er beobachtete, daß Messungen an kühlen Extremitäten zu ungenauen Volumenpulscurven führen. Durch wiederholte Versuche mit den gleichen Versuchspersonen stellte er fest, daß den Tageszeiten entsprechend, Füllungsschwankungen der peripheren Gefäße auftreten. Er schlägt deshalb vor, Messungen der Kreislaufveränderungen nur an den ruhigsten Stunden des Tages vorzunehmen, zumal dann auch die Zahl der unerwünschten Reize aus der Umwelt am kleinsten ist. Er fordert auch getrennte Versuchsräume für Untersucher und Versuchsperson. Mit Hilfe dieser strengen Versuchsbedingungen gelang es ihm, eine unterschiedliche Reizempfindlichkeit bei den einzelnen Probanden festzustellen. Der Autor nahm auch Versuche mit optischen Reizen vor. Er ordnete auf einer Tafel Linien, Kreise und Punkte in der Weise an, daß sie zunächst von der Versuchsperson unzusammenhängend gesehen und bei Annäherung als bestimmte Figuren erkannt wurden. Durch diesen "Trick" wollte er eine besonders große Aufmerksamkeitsspannung des Probanden hervorrufen. Er kam aber gegenüber MOSSO und LEHMANN zu der Auffassung, daß nicht besondere Aufmerksamkeit, sondern allein Gefühle und Affekte die Kreislaufveränderungen verursachen.

WEBER versuchte die drei Paare von einfachen Gefühlen der WUNDTschen Gefühlstheorie ( Lust - Unlust, Erregung - Beruhigung, Spannung - Lösung ) im Experiment darzustellen. Es gelang ihm aber nicht, sie rein zu erzeugen. Wie er angibt, läßt sich die Vermischung von Erregung und Beruhigung mit Lust - und Unlustgefühlen nicht vermeiden. Zur Reindarstellung von Lust- und Unlustgefühlen gibt er Geruchs- und Geschmacksreize an. Nach Geschmacksreizen mit Bittersalz konnte er eine Volumenabnahme beobachten.

Dagegen ließ sich nur selten Volumenzunahme durch Lustgefühle bewirken. - Das ist auch wieder durch neuere Versuche bestätigt worden. - Der Autor vertritt die Meinung, daß auch unbewußt ablaufende Vorgänge von vasomotorischen Reaktionen beantwortet werden können. Damit steht er im Gegensatz zu jenen Autoren, die der Ansicht sind, daß die Reaktionen des Vegetativums, bei bestimmten psychischen Zuständen, allein vom augenblicklichen Bewußtseinszustand abhängig sind. Neben plethysmographischen Untersuchungen am Arm registrierte er auch das Verhalten der Hirngefäße und das Ohr- und Bauchvolumen. Das Bauchvolumen verhielt sich zum Armvolumen immer entgegengesetzt. Die Hirngefäße reagierten unregelmäßig. Zu einer Volumenzunahme des Armes und einer Volumenabnahme des Ohres kam es jedesmal bei Reizung der motorischen Hirnrinde curarisierter Tiere, bei in Hypnose herbeigeführten Bewegungsvorstellungen und bei wirklich durchgeführten Bewegungen. Hierbei zeigten die Kreislaufveränderungen keinen Unterschied. Dagegen zeigten passive Bewegungen keine Wirkung.

KRETSCHMER weist darauf hin, daß es an der individuellen Konstitution des vegetativen Nervensystems und der komplexen Natur der Gefühle gelegen sei, daß nicht immer bestimmte Gefühle mit ganz bestimmten vegetativen Reaktionen beantwortet würden. Im Gegensatz zu anderen Autoren konnten KÜPPERS, MATTHES und MALIKIOSIS nach verschiedenen psychischen und somatischen Reizen lediglich eine Gefäßverengung im gereizten Hautgebiet feststellen. GOLENHOFEN und HILDEBRANDT nahmen Versuche mit dem Wärmeleitmesser und der Wärmeleitsonde nach HENSEL vor. Sie prüften die Haut- und Muskeldurchblutung bei Angst- und Spannungszuständen und nach geistiger Arbeit. Sie

fanden fast immer bei verminderter Hautdurchblutung eine Zunahme der Muskeldurchblutung. Als Ursache dafür nehmen sie vasomotorische Einflüsse, eine Steigerung des Muskeltonus mit sekundärer Durchblutungserhöhung und Adrenalinausschüttung an. TRÄNKLE prüfte Muskelaktionsströme. Er spielte seinen Probanden verschiedenartige Musikstücke vor und beobachtete dabei vermehrte "Bündelbildung" der Aktionsströme. Er erwähnt aber, daß diese Erscheinungen auch schon durch einfache Muskelspannungen verursacht werden können.

WITTKOWER führte seine Untersuchungen mit Hilfe des psychogalvanischen Reflexes durch. Bei der Prüfung der affektiven Wirkung verschiedener Worte beobachtete er die Auslösung des Reflexes besonders häufig, wenn die Worte ein Gefahrenmoment enthielten, triebbezüglich waren oder die Lebenslage der Versuchsperson betrafen. Mit WEBER ist er der Meinung, daß der Reflex auch durch den Symbolcharakter der Worte (FREUD) oder durch unbewußte Affekte ausgelöst werden kann. Aufgrund seiner Versuchsergebnisse konnte er seine Versuchspersonen in zwei Gruppen einteilen: Die Ichbezüglichen und die Objektbezüglichen. Die Ichbezüglichen reagierten stärker als die Objektbezüglichen. Besonders starke Reaktionen beobachtete er auf Worte mit aktuellem, lustvollem oder unlustvollem Inhalt. Sie führten zu trieb-, wunsch- und eigenwertbezogenen Einfällen, die dann den psychogalvanischen Reflex auslösten. Nach WITTKOWER soll die Latenzzeit darüber Auskunft geben, wie lange es dauert, bis das Reizwort des Untersuchers einen Einfall bei der Versuchsperson auslöst.

VERAGUTH hat das psychogalvanische Reflexphänomen näher untersucht. Er fand heraus, daß sich auf eine affektive Erregung hin, nach einer Latenzzeit,

eine elektrische Veränderung in der Haut vollzieht. Durch ein Galvanometer, das in geeigneter Anordnung an die Versuchsperson angeschlossen wird, lassen sich diese elektrischen Veränderungen messen. An Hautstellen, die reich an Schweißdrüsen sind, läßt sich der Reflex am besten ableiten. GILDEMEISTER führte Messungen des Wechselstromwiderstandes der Haut durch, konnte aber keine Widerstandsverminderung bei vermehrter Schweißabsonderung feststellen. Nach seiner Meinung beruht der Reflex auf einer Änderung der elektrischen Zellgrenzladung. Nervenimpulse sollen die Ionenpermeabilität der Zellmembran verändern. Durchblutungsänderungen haben nach Ansicht des Autors keinen Einfluß auf die Reflexauslösung.

## 2. Ergebnisse neuerer Versuche

### a) mit akustischen Reizen

Untersuchungen über die Wirkung speziell akustischer Reize auf den menschlichen und tierischen Organismus sind in der letzten Zeit in großem Umfang von zahlreichen Wissenschaftlern durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind in zweierlei Hinsicht interessant: Erstens dienen sie der Erkennung von Lärmschäden, denen heute immer mehr Bedeutung beigemessen wird. Sie schaffen somit die Voraussetzungen für eine zweckmäßige Lärmbekämpfung in Städten und Fabriken. Zweitens dienen sie der Entwicklung und Vervollkommnung objektiver Hörprüfmethoden.

Erste Beobachtungen über vegetative Lärmreaktionen stammen von CANNON. Bei tierexperimentellen Untersuchungen in den zwanziger Jahren entdeckte er eine Hemmung der Magenperistaltik nach akustischen Reizen. Diese Lärmreaktion ordnete er ein zu den Angst-, Hunger-, Schmerz- und Wutreaktionen, weil sie

alle mit einer erhöhten Aktivität des Sympathikus einhergehen. Einige Jahre später untersuchte LAIRD die Lärmwirkungen auf menschliche Verdauungsorgane. Er entdeckte, daß bereits durch Reize von 60 bis 80 dB Frequenz und Amplitude der Magenperistaltik reduziert wurden. Interessant sind auch seine Ergebnisse über die Speichelsekretion bei verschiedenen Reizintensitäten: Je stärker der akustische Reiz ist, um so mehr nimmt die Speichelsekretion ab.

| Lärmbedingungen (dB) | Ruhe | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Speichel (‰ml/5min.) | 0,41 | 0,34 | 0,29 | 0,23 | 0,23 | 0,21 |

Versuchswerte nach LAIRD

Von ihm stammen auch Stoffwechseluntersuchungen unter Lärmbedingung. Er maß den Arbeitsstoffwechsel über vier Wochen bei vier Versuchspersonen, die in ruhiger und lauter Umgebung Maschine schreiben mußten. Das Ergebnis war, daß der Stoffwechsel in ruhiger Umgebung um durchschnittlich 51%, in lauter Umgebung um 71% erhöht wurde. Ähnliche Beobachtungen machte HARMON. Bei zwei Versuchspersonen prüfte er während geistiger Arbeit Stoffwechsel, Pulsfrequenz und Atmung. Auch er stellte fest, daß die registrierten Werte unter Lärmbedingungen höher waren als bei Ruhe. STEVENS und BUGARD konnten später diese Befunde bestätigen, während UGLOW bei seinen Versuchen nur bei einer von drei Versuchspersonen ebenfalls eine Erhöhung des Grundumsatzes unter Lärmbedingungen feststellen konnte.

In neuerer Zeit sind Untersuchungen des ganzen Kreislaufgeschehens nach akustischen Reizen von LEHMANN, TAMM und MEYER-DELIUS vorgenommen worden. Bei Versuchspersonen verschiedenen Alters prüften sie

Blutdruck, Pulswellengeschwindigkeit, Herzfrequenz, Fingerpulskurven und auf photoelektrischem Wege die Hautdurchblutung der Interdigitalfalten. Als akustische Reize dienten Geräusche aus verschiedenen Frequenzbereichen, die Reizdauer wurde variiert zwischen 10 sec und 40 min. Das Ergebnis dieser Untersuchungen war, daß schon Reize von 70 bis 90 phon Kreislaufveränderungen hervorrufen können. Sie sind von vorübergehender Natur und von unterschiedlichem Ausmaß. Die häufigsten Beobachtungen waren Erhöhungen des arteriellen Strömungswiderstandes peripherer Gefäße. Sie waren begleitet von einer Abnahme der Herzfrequenz, einer Zunahme des diastolischen Blutdruckes und einer Abnahme des Schlagvolumens. Unbeeinflusst blieb dagegen der systolische Blutdruck. Gleichzeitig konnten die Autoren auch eine Abnahme der Hautdurchblutung registrieren. Die Dauer der Gefäßreaktionen war abhängig von der Einwirkungs-  
dauer des Reizes. Jedoch konnten die Autoren keine Abhängigkeit der Kreislaufreaktionen von der Tonhöhe feststellen. Interessant ist, daß Kinder etwas schwächere Reaktionen zeigten als Erwachsene. LEHMANN führte diese Versuche während der Dauer eines halben Jahres durch. Dabei beobachtete er, daß die Kreislaufreaktionen seiner Probanden während der ganzen Versuchsperiode, trotz wiederholter Reizungen, die gleichen blieben. Daraus zog er den Schluß, daß es keine wesentliche Anpassung der vegetativen Empfindlichkeit gegenüber akustischen Reizen gibt. Das bestätigt auch die Tatsache, daß Versuchspersonen, die bis zu vierzig Jahren beruflich starken Lärmreizen ausgesetzt waren, bei Versuchen mit akustischen Reizen die oben geschilderten Kreislaufreaktionen in gleicher Weise zeigen wie andere Probanden.

OPPLIGER und GRANDJEAN prüften 1958 unter verschieden starken akustischen Reizen die Handdurchblutung mit dem von ROTHLIN und BLUNTSCHLI beschriebenen Handplethysmographen. Auch sie beobachteten eine vorübergehende Abnahme der Handvolumina und Hauttemperaturen. Bei einem Versuch setzten die Autoren fünf Versuchspersonen akustischen Reizen von 80 - 105 dB bei 2 000 Hz für 6 sec aus. Die Reaktionen veränderten sich nicht, wenn bei einem zweiten Durchgang die Reize mit einem Grundgeräusch von 70 dB bei 500 Hz gekoppelt wurden. Daraus schlossen die Autoren, daß hoher Lärmpegel die vegetativen Reaktionen auf akustische Reize nicht verhindert.

KLUGE und FRIEDEL haben die Wirkung eines monotonen und rhythmischen Trommelgeräusches auf das Elektroencephalogramm einiger Versuchspersonen untersucht. Sie konnten dabei eine Reduktion der alpha-Wellen und das Erscheinen von Potentialschwankungen, deren Amplituden größer waren als die der alpha-Wellen, beobachten. Die Autoren erklären, daß es sich hierbei um eine "psychophysische Umstellung" handelt. Dabei wurden kortikale Funktionen gedämpft und die Aktivität tiefer gelegener Zentren gesteigert.

TEN CATE unternahm Versuche mit bedingten Reflexen bei Katzen. Er kombinierte Licht- und akustische Reize und bahnte damit bei den Tieren einen bedingten Reflex. Schließlich reagierten sie allein auf den akustischen Reiz hin mit einer Pupillenverengerung. Unvorbereitete Katzen reagierten dagegen auf akustische Reize mit einer Pupillenerweiterung. Damit konnte der Autor zeigen, daß vegetative Lärmreaktionen durch Erfahrung qualitativ modifiziert werden können. So lassen sich eventuell die gelegentlich widersprechenden Ergebnisse erklären.

CORBEILLE und BALDES haben die Wirkung akustischer Reize auf Atmung und Kreislauf verschiedener Tiere untersucht. Ein Teil der Versuche wurde an decerebrierten Tieren wiederholt. Dabei stellte sich heraus, daß akustische Reize nach Decerebration zwar die gleichen Atmungsveränderungen bewirkten, jedoch nicht wie bei intakten Tieren zu einer Minderung der Herzfrequenz, sondern zu einer Steigerung führten. Aus diesen Experimenten zogen die Autoren folgenden Schluß: Die beobachteten akustisch - visceralen Reflexe laufen nicht über das Bewußtsein, d.h. nicht über die Großhirnrinde, sondern über Verbindungen zwischen dem Nervus acusticus und den vegetativen Zentren im Zwischenhirn. Die unterschiedlichen Kreislaufreaktionen bei intakten und großhirnlosen Tieren beruhen auf Modifikationen, die die Lärmreize in der Bewußtseinsphäre der Großhirnrinde erfahren. (Siehe Abb.1)

STEINMANN, JAGGI und WIDMER sind der Meinung, daß eine große Anzahl von Geräuschen Assoziationen beim Menschen auslösen und damit unkontrollierbare affektbetonte Vorstellungen hervorrufen kann. Allein diese Vorstellungen können den Kreislauf beeinflussen. Sie sehen Summtöne als assoziationsfrei an, weil bei ihrer Anwendung eine Blutdrucksteigerung erst in sehr hohen Frequenzbereichen auftritt. Die nach akustischen Reizen beobachteten Unregelmäßigkeiten der Blutdruckkurven führen sie auf nervöse Anspannung der Versuchspersonen zurück.

LEHMANN stellte bei Untersuchungen an Kindern fest, daß man zwischen einer Lärmreaktion und einer Schreckreaktion unterscheiden muß. Die durch einen akustischen Reiz verursachte Schreckreaktion führt zu einem On- und Off- Effekt. Interessant ist die Feststellung, daß bei seinen Untersuchungen kleinere Kinder von drei bis sechs Jahren im wesentlichen eine

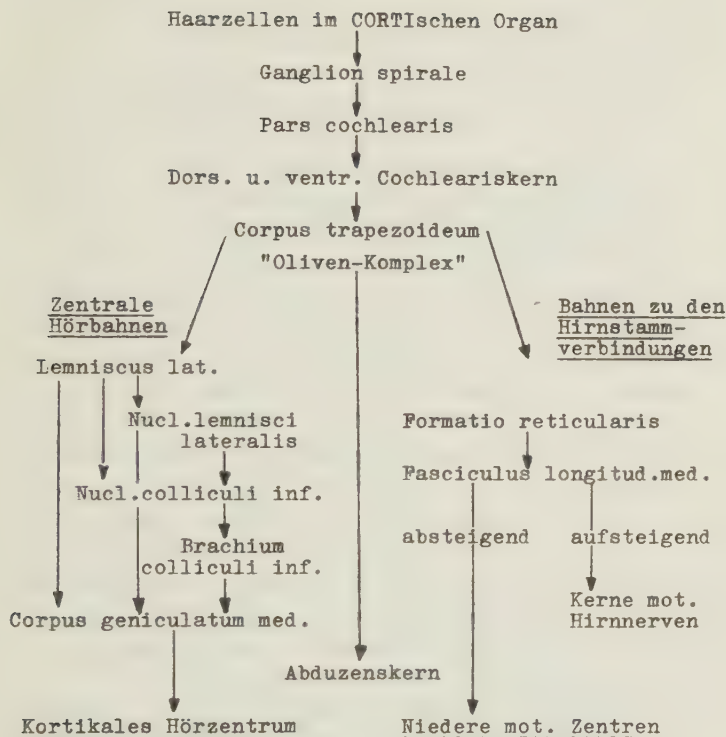


Abb. 1

Schema der neurologischen Verbindungen beim menschlichen Hörvorgang. Es zeigt die Bahnen zur Hirnrinde und zum Hirnstamm. (Modifikation nach RASMUSSEN)



Schreckreaktion und keine Lärmreaktion aufwiesen, während bei acht- bis zehnjährigen Kindern die normale Lärmreaktion der Erwachsenen zu erkennen war.

LEHMANN macht eine wichtige Unterscheidung bei der Wirkung akustischer Reize. Im Gegensatz zu den primär vegetativen Reaktionen, die im Unbewußten zustande kommen, bezeichnet er die psychischen Reaktionen, die nur unter Mitwirkung des Bewußtseins zustande kommen, als sekundär vegetative Reaktionen.

Die primär vegetativen Reaktionen werden als vegetative Reflexe aufgefaßt. Ihre Reflexbahnen gehen im Zwischenhirn vom Hörnerv auf die vegetativen Zentren über und entfalten über die vegetativen Nerven ihre Wirkungen am Blutkreislauf und an anderen inneren Organen. Sie können als eine Reizung des Sympathikus interpretiert werden. Dadurch kommt es zu einer Umstimmung des Organismus, die W.R. HESS als eine ergotrope Umstimmung bezeichnet. Die primär vegetativen Reaktionen kommen nicht durch psychische Faktoren zustande, sondern sind die Folge "einer unmittelbaren Einwirkung perzipierter Schalleindrücke auf das Vegetativum. Es handelt sich also um Reaktionen, die unabhängig vom psychischen Geschehen sind".(s.Abb.1)

Während primär vegetative Reaktionen erst oberhalb von 65 dB auftreten, können sekundär vegetative Reaktionen schon nach sehr leisen Geräuschen beobachtet werden. Der Autor unterscheidet zwischen positiv psychischen Reaktionen nach schön empfundenen Geräuschen und negativ psychischen Reaktionen nach Lästigkeitsempfindung, d.h. wenn die Geräusche dem Hörenden wenig sinnvoll und notwendig erscheinen. Das ist jeweils abhängig von der Einstellung und Empfindlichkeit des hörenden Menschen und der Situation. So begeistert z.B. einen leidenschaftlichen Motorradfahrer der Lärm seiner Maschine, während ihn Straßenpassanten als

lästig empfinden. So kann auch Musik, unabhängig von Lautstärke und Melodie, als angenehm oder unangenehm empfunden werden, allein abhängig davon, in welcher Situation sie gehört wird. Die sekundär vegetativen Reaktionen kommen nicht durch eine direkte Reizung des Sympathikus zustande. Sie entstehen unter Mitwirkung des Bewußtseins. Sie führen zunächst nur zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens, wenn es sich um negativ psychische Reaktionen handelt. Im übrigen können die Reaktionen sehr vielgestaltig sein: Änderungen des Blutdrucks und der Pulsfrequenz, Änderung der Tätigkeit endokriner Drüsen oder allgemein, Störungen des vegetativen Gleichgewichts. Häufig werden auch neurotische Symptome beobachtet.

KOTTMEYER konnte bei seinen Untersuchungen psychische Reaktionen in Form kurzdauernder Volumenabnahme des Fingers registrieren. Mit Hilfe von Sprachreizen gelang es ihm, bei seinen Versuchspersonen zwischen bloßem Hören und Verstehen zu unterscheiden. Die rein akustische Wirkung, also die primär vegetative Reaktion, wurde auf folgende Weise aufgehoben: Auf ein Tonband wurde ein beliebiger Text gesprochen. Das Band wurde anschließend umkopiert, so daß man bei der Wiedergabe den Text rückwärts, also unverständlichen "Wortsalat", hörte. In diesen "Wortsalat" wurden in Abständen von 60 - 70 sec Testwörter oder kurze Sätze, mit möglichst großer affektiver Wirkung, in gleicher Lautstärke hineingesprochen. Diese für die Versuchsperson verständlichen Wörter und Sätze wurden so ausgewählt, daß sie abwechselnd lust- und unlustbetonte Reize hervorriefen. Alle Probanden reagierten auf den größten Teil der Reize mit einer kurzdauernden Volumenabnahme des Fingers. Bei lust- und unlustbetonten Reizen zeigte sich kein Unterschied in der Reaktion.

Ein Unterschied zwischen primär- und sekundär vegetativen Reaktionen besteht nicht nur bei akustischen, sondern auch bei anderen sensorischen und sensiblen Reizen.

b) mit Licht-, Geruchs-, Temperatur- und Berührungsreizen

KOTTMEYER hat auch das Verhalten des Fingerkuppenvolumens nach optischen Reizen untersucht. In einem Versuchsraum, in dem die Probanden außer den gewünschten optischen Reizen keinen weiteren Reizen ausgesetzt waren, wurde in Blickrichtung der liegenden Versuchsperson eine weiße Leinwand angebracht. Mit Hilfe eines Projektionsapparates wurde sie aus einem Nebenraum beleuchtet, ohne daß die Versuchsperson von direktem Licht getroffen wurde. Nach Reizen mit weißem Licht trat eine kurzdauernde Volumenabnahme auf. Jedoch nach mehrfacher Wiederholung der Reize hörte der Effekt auf. Wurde dann aber plötzlich ein roter Lichtreiz gegeben, reagierte die Versuchsperson spontan mit einer erneuten Volumenabnahme der Fingerkuppe. Aber auch diese Reaktion hörte nach wiederholter Reizgebung auf. Nach Diapositiven, auf denen Striche und Buchstaben unzusammenhängend verstreut waren, ließ die Volumenabnahme ebenfalls bald nach. Sie trat aber sofort erneut auf, wenn ein lesbares Wort auf der Leinwand sichtbar wurde.

Die Ergebnisse sprechen dafür, daß die Reaktionen nach optischen Reizen sekundär vegetative, also psychische Reaktionen sind. Der Organismus reagierte nämlich nur dann, wenn der Reiz neu war und unerwartet kam. Nach wiederholten Reizen wurde die Psyche nicht mehr angeregt und die Reaktion blieb aus.

WEBER und LEHMANN haben die Reaktionen nach Geruchsreizen untersucht. Sie haben nach lustbetonten Affekten Volumenzunahme, nach unlustbetonten Affekten Volumenabnahme des Unterarmes beobachtet. LUCHSINGER beobachtete nach Geruchsreizen Veränderungen der Pupillenweite. Er deutet es also als ein objektives Zeichen einer Wahrnehmung. KOTTMEYER erzeugte bei seinen Versuchen lustbetonte Reize durch Riechstoffe wie Kaffee, Orangen, Kölnisch Wasser oder Menthol, unlustbetonte Reize durch Schwefelwasserstoff oder Thiophenol. Die Geruchsstoffe enthielten keine Geschmackskomponenten. Den Probanden wurden die Augen verbunden und die Gehörgänge mit Wachsstopfen verschlossen, um andere Reize von außen fernzuhalten. Von 141 Reizen lösten 80% eine Volumenänderung aus. Der Autor beobachtete, daß wohlriechende Stoffe die stärkste affektive Wirkung zeigten. Im Gegensatz zu LEHMANNS Ergebnissen erfolgte in der Regel auch auf lustbetonte Reize eine Volumenabnahme der Fingerkuppe. Eine Abnahme der peripheren Durchblutung konnte auch an der Ohrmuschel, am Zeh, und in der Nase beobachtet werden.

KUNDT, BRÜCK und HENSEL haben Reaktionen nach Temperaturreizen bei Katzen beschrieben. Sie beobachteten nach Erwärmen einer Pfote in Wasser von 40° C eine periphere Durchblutungssteigerung und eine Abnahme der Hypothalamustemperatur. Bei Abkühlung erfolgte die entgegengesetzte Reaktion. Bei 50% der Versuche trat während der Erwärmung vor der Vasodilatation eine kurzdauernde Kontraktion auf. Bei langsamer Erwärmung geschah dies aber nicht. Die Autoren deuten die Vaskontraktion als eine Schreckreaktion.

KOTTMEYER nahm seine Reizversuche an der rechten Hand des Probanden vor, während sich an einem Finger der linken Hand der Plethysmograph befand. Am

ehsten konnte er eine Volumenzunahme der Fingerkuppe bei Reizung mit Rotlicht beobachten. Nach Kältereizen kam es jedesmal zu einer besonders deutlichen Reaktion.

Mit einer Volumenabnahme reagierte die Versuchsperson auch regelmäßig nach Berührungsreizen. Der Autor weist darauf hin, daß Temperaturreize immer mit Berührungsreizen verbunden sind, wenn nicht mit Wärme- beziehungsweise Kältestrahlen gereizt wird. Er ist aber der Meinung, daß die Art des Reizes nicht von Bedeutung ist, sondern daß allein die Affektwirkung zu einer Minderdurchblutung der Peripherie führt. "Von dem Grad der Affektivität eines Reizes hängt die Intensität seiner Wirkung ab".

### 3. Methoden objektiver Hörprüfung

Es gibt eine Vielzahl objektiver Hörprüfmethoden. Sie alle beruhen auf dem gleichen Prinzip. Durch akustische Reize werden vegetative oder psychische Reaktionen ausgelöst. Art und Stärke der Reaktionen werden beobachtet und gegebenenfalls registriert und lassen dann Rückschlüsse auf das Hörvermögen des Untersuchten zu.

Einer der wichtigsten objektiven Hörtests ist die Auslösung des aureopalpebralen Reflexes durch einen akustischen Reiz. HAHLBROCK beobachtete bei Hörprüfungen bei Kindern unter drei Jahren einen APR zu 80 bis 84%. Allerdings kann auch bei Schwerhörigen ab und zu dieser Reflex durch einen akustischen Reiz ausgelöst werden.

Beim Pupillenreflex kommt es nach Schallreizen anfangs zu einer Bremsung des normalen Pupillenspiels mit nachfolgender flüchtiger Erweiterung. Allerdings macht bei diesem Test die exakte Registrierung der Pupillenweite Schwierigkeiten.

Beim Ohrbinnenmuskelreflex tritt nach Tonus-  
änderung des M.tensor tympani und M.stapedius eine  
Impedanzänderung auf. Sie ist aber für klinische  
Untersuchungen zu unsicher.

Der PREYERsche Ohrmuschelreflex läßt sich  
beim Menschen nur selten auslösen. Dagegen tritt er  
aber regelmäßig nach akustischen Reizen beim Meer-  
schweinchen auf.

Gut hat sich bei objektiven Hörprüfungen  
der psycho-galvanische Hautreflex bewährt. Der schnellen  
Ermüdbarkeit des Reflexes begegnet man in der Weise,  
daß man durch wiederholte Ton- Lichtreizfolgen einen  
bedingten Reflex bahnt, der schließlich auch allein  
durch den Tonreiz auslösbar ist.

Die oben genannten Reflexe sind für eine  
genauere Beurteilung des Hörvermögens nicht geeignet,  
da sie entweder nicht zuverlässig genug sind, oder erst  
durch zu hohe Reizintensitäten ausgelöst werden können.  
Zuverlässigere objektive Hörprüfmethoden ergeben sich  
aus der Registrierung von Kreislaufveränderungen bei  
Schallreizen. Um den Einfluß akustischer Reize auf die  
peripheren Gefäße zu untersuchen, hat man sich besonders  
der Plethysmographie bedient.

Als erster konnte LEHMANN beweisen, daß es  
mit Hilfe dieser Methode eine Möglichkeit gibt, eine  
hysterische von einer echten Taubheit zu unterscheiden.  
KOTTMEYER hat bei seinen Hörprüfungen die Fingerplethys-  
mographie angewandt. Diese Methode war von Vorteil,  
weil durch sie nur die Hautdurchblutung an der Finger-  
kuppe registriert wurde. (Untersuchungen von GOLENHOFER  
hatten nämlich ergeben, daß sich Haut- und Muskeldurch-  
blutung gegensätzlich verhalten.) Erste Versuche mit  
Sinustönen zeigten, daß ihre affektive Wirkung, auch  
nach Steigerung der Intensität, zu gering war. Dagegen  
reagierten die Probanden nach Klängen und Geräuschen,

die mit Stimmgabeln und Musikinstrumenten erzeugt waren, mit einer kurzdauernden Volumenabnahme der Fingerkuppe. Jedoch eignen sich Klänge und Geräusche nicht für objektive Hörprüfungen, weil man sie frequenzmäßig nicht genau genug definieren kann. KOTTMEYER stellte nun fest, daß Schwebungsklänge, die man durch Mischen zweier Sinustöne erhält, eine hohe affektive Wirksamkeit haben. Sie führen schon zu Reaktionen am Kreislauf bei Reizintensitäten, die nur 5 bis 10 dB über der subjektiven Hörschwelle liegen. Als Reize lassen sie, auch nach mehrfacher Wiederholung, nicht so schnell in ihrer Wirksamkeit nach. Ihr Frequenzbereich ist leicht definierbar. Für audiometrische Untersuchungen sind sie also bestens geeignet. Versuche mit Schwebungsklängen ergaben, daß 67% der akustischen Reize Gefäßreaktionen hervorriefen, und daß die objektive Schwebungsklangschwellenkurve fast parallel zur subjektiven Reinton-schwellenkurve verlief.

WANDEL hat objektive Hörprüfungen bei 4 - 12-jährigen Kindern nach Thioridazingabe durchgeführt. Thioridazin dämpft die Motorik, ohne das Bewußtsein wesentlich zu beeinflussen. Durch die Medikation sollten motorische Unruhe und Angstreaktionen der Kinder ausgeschaltet werden. WANDEL beobachtete, daß nach Einnahme des Medikamentes eine Beruhigung der Kinder eintrat, jedoch waren nach akustischen Reizen die Gefäßreaktionen schwächer. Die nach Thioridazingabe bestimmte Hörschwelle lag etwa 14 dB über den Audiogramm-werten. WANDEL gibt an, daß nur Kindern mit starken Atemschwankungen und bei Unruhe Thioridazin vor objektiven Hörprüfungen gegeben werden soll.

#### 4. Untersuchungen an schlafenden Versuchspersonen

##### a) Physiologie des Schlafes

Einer der wichtigsten Lebensvorgänge ist der periodische Wechsel im Aktivitätszustand der einzelnen Körperfunktionen im Laufe von vierundzwanzig Stunden. Auf die Beanspruchung der Kräfte am Tage folgt eine Restitution während der Nacht. Wie allen biologischen Vorgängen eine gewisse Rhythmizität zukommt, so handelt es sich auch beim Schlaf - Wachzustand um einen "ererbten endogenen Rhythmus" (REIN). Innere und äußere Faktoren, sogenannte Zeitgeber, können diesen Rhythmus etwas verschieben. Sie können zum Beispiel den Schlaf begünstigen oder beeinträchtigen, sie können ihn aber nicht aus sich heraus verursachen. Wichtige Zeitgeber sind der Hell - Dunkel - Wechsel und die Kenntnis der Tageszeit. Mit dem Schlaf - Wach - Rhythmus sind eine Abnahme des Sympathikustonus und eine Zunahme des Vagustonus gekoppelt.

Die Aufgabe eines Schlaf - Wach - Zentrums im ZNS besteht darin, den Rhythmus zeitlich zu binden und die einzelnen rhythmischen Vorgänge miteinander in Einklang zu bringen. Vor einigen Jahren versuchte man zu klären, ob der Schlaf direkt durch ein Schlafzentrum oder indirekt durch ein Wachzentrum gesteuert würde.

Nach Arbeiten von RANSON und MAGOUN liegt ein Wachzentrum im Hypothalamus. Die Autoren nehmen an, daß bei Beeinträchtigung des Wachzentrums durch "Ermüdungsödem", "Reizleitungsunterbrechung" und "Elektrolytverschiebungen" der Schlaf eintritt. Durch Ausfallerscheinungen, die bei der epidemischen Encephalitis beobachtet wurden, hat man auf ein Schlafsteuerzentrum geschlossen. W.R. HESS konnte bei Katzen experimentell ein solches Zentrum in der Wand des III. Ventrikels nachweisen. Mit Hilfe implantierter

Elektroden reizte er dieses Gebiet elektrisch. Bei jedem Reiz ging das Tier in Schlafstellung und schlief ein, blieb aber durch äußere Reize jederzeit erweckbar.

Dieser Versuch zeigt, daß das Einschlafen kein passives "Ermüden" von bestimmten Erregungen ist, sondern wie das Aufwachen einen aktiven Vorgang darstellt. Durch eine Zerstörung des Schlafzentrums wird kein dauernder Wachzustand hervorgerufen, sondern eine Störung der Schlafkoordination. KETY und Mitarbeiter konnten nachweisen, daß der Sauerstoffverbrauch des Gehirns im Schlaf genau so hoch ist wie im Wachzustand, vorausgesetzt, daß der Proband in Ruhe ist. Beim Schlafen und Wachsein handelt es sich nicht um Gegensätze wie Ruhe und Aktivität. REIN vergleicht den Schlaf mit einer "Umschaltung auf ein anderes System, das zur Regeneration der Zentren für ihre Wachtätigkeit notwendig ist".

Daß der Schlaf nicht Inaktivität bedeutet, zeigen auch die bioelektrischen Vorgänge im Schlaf, die durch das Elektroencephalogramm nachgewiesen werden können. BAUMANN, BLAKE, GIRARD und KLEITMANN sind der Meinung, daß verschiedene Bezirke des ZNS zu verschiedenen Zeitpunkten "einschlafen" und "erwachen" können. Dieser Wechsel soll unabhängig vom generellen Schlafstadium sein. Die bei der Standardableitung zu beobachtenden Wellenformen spiegeln im wesentlichen die Vorgänge in der Kortex wieder. Während im Wachzustand höhere Frequenzen ( $\alpha$ -Wellen) vorherrschen, zeigt das EEG bei Ermüdung  $\alpha$ -Diskontinuität. Bei leichtem Schlaf treten  $\beta$ -Wellen auf und es zeigen sich 14/sec Spindeln. Bei mittlerer Schlaftiefe sind es unregelmäßige  $\gamma$ - und  $\delta$ -Wellen und 10/sec Spindeln. Im Tiefschlaf herrschen  $\delta$ -Wellen vor, die Spindeln sind verschwunden. So läßt sich mit Hilfe des EEG, je nach vorherrschender Frequenz, eine Aussage über die Schlaftiefe machen.

Durch die Encephalographie wurde eine Stadieneinteilung des Schlafes gebräuchlich. JUNG unterscheidet den Wachzustand (Stadium A), das Einschlafen (Stadium B), den leichten Schlaf (Stadium C), den mittleren Schlaf (Stadium D) und den tiefen Schlaf (Stadium E). Interessant ist, daß sich nach BLECKMANN und JUNG das kindliche Schlaf- EEG grundsätzlich von dem des Erwachsenen unterscheidet. Beim Kind ist die bioelektrische Aktivität im Schlaf wesentlich höher. Das wird durch die Ausbildung schneller Wellenformen und durch ein "zyklisch periodenhaftes Wechselspiel" der einzelnen EEG-Stadien im Schlaf deutlich. Bei Messung der Schlaf-tiefe mit Hilfe anderer Methoden (z.B. Messung der Spontanbewegungen im Schlaf oder Höhe des CO<sub>2</sub> Drucks in der Alveolarluft) stellt sich heraus, daß Kinder im allgemeinen "fester" schlafen als Erwachsene. Dagegen ist nach PEIPER der Schlafkurvenverlauf bei Kindern ähnlich wie bei Erwachsenen.

Die unterschiedliche Schlaf-tiefe wird allgemein als eine quantitativ differente Hemmung des ZNS angesehen. Sie ist abhängig von der Tätigkeit der Zentren im Thalamusgebiet und in der Formatio reticularis. Nach MAGOUN und Mitarbeiter übt die Formatio reticularis auf die Großhirnrinde eine Weckwirkung aus, wenn sie durch periphere oder kortikale Einflüsse aktiviert wird. Je nach Art und Menge der peripheren Erregungen wechselt die Schlaf-tiefe, gesteuert von der Formatio reticularis. Nach HESS jun. herrscht in tiefem Schlaf vollständige Bewußtlosigkeit. Dagegen ist bei leichtem Schlaf ein Teil des komplexen Bewußtseins in Funktion. Ein Traum dringt ja während des Schlafes ins Bewußtsein ein, sonst könnte man sich nicht daran erinnern. Die Wertung der Sinneseindrücke geschieht im Schlaf also "unbewußt". Bei Bewußtlosen dagegen fehlen sie ganz. Die Empfindlichkeit der Sinnesorgane ist im Schlaf herabgesetzt, jedoch

in verschiedenem Maße. Nach Meinung des Autors führen nicht die stärksten Reize zum Erwachen, sondern diejenigen, welche für das Individuum am wichtigsten sind. Auch das Wegbleiben eines gewohnten Reizes kann den gleichen Effekt haben.

Nach KRAEPELIN lassen sich verschiedene Schlaftypen unterscheiden, den Früh- und den Spätschläfer. Sie unterscheiden sich durch ihre Schlafkurven. Der Frühschläfer erreicht nach kurzer Zeit seine größte Schlaftiefe, dann flacht die Kurve gegen Morgen wellenförmig ab. Beim Spätschläfer wechseln erst größere und kleinere Wellen der Schlaftiefe ab. Die größte Schlaftiefe erreicht er meist erst gegen Morgen.

Der Schlafbedarf ist individuell verschieden. Kinder brauchen mehr Schlaf als Erwachsene. Nach künstlicher Wachhaltung treten schon nach wenigen Tagen geistige Störungen auf. Im allgemeinen ist es aber nicht möglich, Tiere oder Menschen, auch unter Anwendung heftigster Reize, dauernd wachzuhalten.

Bis heute ist man eigentlich nur in der Lage, etwas über Schlafeintritt und Schlafkoordination auszusagen, eine wirkliche Schlaftheorie ist noch nicht gefunden.

#### b) Die Bedeutung der *Formatio reticularis* für die Reizleitung

In neuerer Zeit sind von vielen Autoren Reizwirkungen bei schlafenden Versuchspersonen beschrieben und zu deuten versucht worden. Bei diesen Arbeiten wird deutlich, daß der *Formatio reticularis* im Mittelhirn allgemein eine große Bedeutung für die Reizleitung und damit auch indirekt für die Reizbeantwortung im Schlaf beigemessen wird.

Die *Formatio reticularis* besteht aus einem dichten Geflecht von Nervenzellen mit kurzen Neuriten

einerseits und verschiedenen Anhäufungen von Nervenzellen mit längeren Neuriten andererseits (REIN). Es handelt sich weder um ein rein diffuses reagierendes Gebiet, noch um ein solches mit klarer Unterteilung bestimmter Funktionen. Erregungen über sensible oder sensorische Bahnen aktivieren die *Formatio reticularis*, die dann ihrerseits Erregungen an verschiedenen Stellen des Großhirns auslöst. Auf diese Weise bewirkt sie eine "Weckreaktion". Starke Reize rufen eine "diffuse Weckwirkung" hervor, Schwellenreize führen dagegen zu lokalisierten Effekten an der Kortex. Ableitungen mit Mikroelektroden haben gezeigt, daß es sich dabei nicht um eine Änderung der Gesamtzahl der Erregungen, sondern um eine "Neuverteilung" der Erregungen handelt. Es werden gleichzeitig bahnende und hemmende Zwischenneurone aktiviert. Umgekehrt können aber auch bestimmte Stellen der Großhirnrinde Nervenzellen der *Formatio reticularis* aktivieren. Es besteht also ein gewisser Rückkopplungsmechanismus. Hierin wird die Möglichkeit gesehen, Wahrnehmungen bestimmter Sinnesorgane zu unterdrücken oder andere zu bevorzugen.

OSWALD, TAYLOR und TREISMANN haben Untersuchungen über die Funktionen der Hirnrinde während des Schlafes durchgeführt. 1960 haben sie folgenden Versuch gemacht: Auf ein Tonband wurden 56 Namen gesprochen. Dann wurde das Tonband, während die Versuchsperson schlief, mit Zimmerlautstärke abgespielt. Vorher waren die Probanden angewiesen worden, beim Hören ihres eigenen Namens und bei einigen anderen, die vorher ausgemacht wurden, die Hand zu bewegen. Ein großer Teil der Versuchspersonen reagierte auf den eigenen Namen, schlief aber bei den anderen Namen weiter. Daraus schlossen die Autoren, daß die Hirnrinde während des Schlafes weiter in Funktion ist, und daß reizende Signale von der Rinde zur *Formatio reticularis* eine große Rolle beim Erwachen spielen.

Wird sie im Experiment zerstört, so unterbleibt die "Weckreaktion" auch dann, wenn die Leitungsbahnen von den peripheren Rezeptoren zu den entsprechenden Rindenfeldern noch intakt geblieben sind. BREMER und MAGOUN konnten das im Versuch nachweisen. Erst nach elektrischer Reizung der Formatio reticularis trat die "Weckreaktion" wieder ein.

DELL, BONVALLET und HUGELIN weisen darauf hin, daß der Schlaf, zumindest beim Tier, durch aktive und passive "Entaktivierungserscheinungen" der Formatio reticularis zustande kommt.

PÁUL HERNÁNDEZ-PEÓN hat experimentell den Einfluß der Formatio reticularis auf bestimmte Neurone untersucht. Er beobachtete, daß ein elektrischer Reiz, der die Formatio reticularis traf, in allen Synapsen der afferenten Leitungsbahnen hemmende oder fördernde Wechselwirkungen hervorrief. Diese Erscheinungen konnte er an den somatischen, auditiven, visuellen und olfaktorischen Bahnen beobachten. Daß die Kortex für die Hemmung sensibler Synapsen nicht erforderlich ist, konnte er beweisen, indem er auch bei decerebrierten Katzen taktile und akustische Gewöhnung erzielen konnte. Der Autor vermutet, daß die Formatio reticularis einem "Oberkommando" ähnlich ist. Von zahlreichen sensiblen Bahnen erhält es seine Informationen. Dabei durchlaufen alle Reize bei ihrem Eintritt einen "Filter-Mechanismus". Er sortiert die Informationen aus, die in höheren Gehirnabschnitten verstärkt werden sollen.

#### c) Reizwirkungen im Schlaf

PEIPER hat 1924 die "Reizbarkeit im Schlafe" beschrieben. Die Reaktionen, die nach Reizen im Schlaf möglich sind, teilt er ein in örtliche Reaktionen,

(z.B. Kratzbewegungen nach Schmerzreiz) bei Reizung eines einzigen Sinnesgebietes und allgemeine Reaktionen, (z.B. motorische Unruhe, Umdrehen des Schlafenden) bei stärkerer Reizung eines jeden Sinnesgebietes. Reize verringern die Schlaftiefe und führen bei Summierung zum Erwachen. Unterschwellige innere Reize können zu einer Reaktion führen, wenn plötzlich ein äußerer Reiz dazukommt (z.B. Husten bei Berührungsreiz).

Der Autor beobachtete nach Reizen im Schlaf folgende Reaktionen des vegetativen Nervensystems:

- 1) Die Pupillenreaktion bleibt auch im Schlaf auf äußeren Reiz hin, durch reflektorische Erregung des Sympathikus, erhalten.
- 2) Der psycho-galvanische Hautreflex tritt bei tiefem Schlaf nicht auf. Er ist abhängig von Schlaftiefe und Reizstärke.
- 3) Der Atemrhythmus wird nach Reizen im Schlaf gestört.
- 4) Das Hirnplethysmogramm zeigt nach Reizen im Schlaf einen Anstieg des Hirnvolumens für kurze Zeit, ein Klein werden des Pulses und dann ein Sinken des Hirnvolumens unter den alten Stand. Das heißt, Gehirnhyperämie mit nachfolgender drei-bis viermal so lang anhaltender Gehirnanämie. (Der Autor arbeitete mit zwei Versuchspersonen, deren Gehirn nicht vollständig durch die knöcherne Schädeldecke bedeckt war). PEIPER nimmt an, daß das im Schlaf hyperämische Gehirn durch einen Reiz anämisch wie im Wachzustand wird, und daß dadurch die Erregbarkeit vergrößert wird. "Ohne daß sein Schlaf unterbrochen würde, überwacht der Mensch ständig bis zu einem gewissen Grade die Vorgänge der Außenwelt".

W.R.HESS hat auch die Wirkung von Reizen im Schlaf untersucht. Er beobachtete, daß bei schlafenden Katzen der relativ wirksamste Reiz vom Geruch-

sinn ausgeht. Wird zum Beispiel dem schlafenden Tier ein Stückchen rohes Fleisch unter die Nase gehalten, so hebt es den Kopf, um danach zu schnappen. Sobald die Katze es geschluckt hat, schläft sie weiter. Leises Kitzeln an der Ohrmuschel wird durch Vibrieren derselben beantwortet. Dieser Abwehrreflex ist also in die allgemeine Hemmung der Motorik bei der Katze nicht mit einbezogen. Grelles Licht und Geräusche sind für sie Weckreize.

1923 beschrieb ROTHMANN seine Versuche mit einem grobhirnlosen Hund, der nach Geschmacksreizen Speichel absonderte. W.R. HESS schloß daraus, daß nicht nur Afferenzen, die ihre Erregung ins Bewußtsein tragen, wirksam sind, sondern auch solche, die auf die vegetative Sphäre beschränkt bleiben. Nach W.R. HESS gehört der Schlaf in den Funktionsbereich des vegetativen Nervensystems.

Auch LEHMANN sagt: "Der Schlaf ist ein vorwiegend vagischer Zustand. Es ist daher verständlich, daß der sympathische Effekt hier zu kräftigeren Reaktionen führt". Der Autor gibt an, daß bei akustischen Reizen die primär vegetativen Reaktionen im Schlaf wesentlich s t ä r k e r ausfallen als im Wachzustand. Bei wachen Versuchspersonen fand er Schwellenwerte bei 65 dB, bei schlafenden kam es schon bei 50 dB zu maximalen Reaktionen. Der Autor schließt daraus, daß die primär vegetativen Reaktionen im Schlaf nicht nur erhalten, sondern sogar verstärkt sind. Er nimmt an, daß es sich nicht um Grobhirnreaktionen handelt, sondern um Reaktionen, die sich in tieferen Zentren abspielen.

VERZEANO und NEGISHI haben die Neuronenaktivität im Schlaf und im Wachzustand untersucht. Bei Katzen haben sie mit Hilfe zahlreicher Mikroelektroden die Aktivität der Neuronen in der Kortex

und im Thalamus geprüft. (Nach REIN stellt der Thalamus eine Umschaltstation für fast alle sensorischen Impulse zur Großhirnrinde und ein Reflexzentrum für höhere Reflexe über das extrapyramidal-motorische und vegetative Nervensystem dar). Bei diesen Untersuchungen stellten die Autoren fest, daß sich die Aktivität der einzelnen Neurone und auch die Art der Reizleitung beim Übergang vom Wachzustand in den Schlaf verändern. Bei der Ableitungskurve der bioelektrischen Vorgänge verändert sich erstens die Frequenz der Ausschläge, die durch die Aktivität der einzelnen Nervenzellen hervorgerufen werden. Es verändert sich zweitens das Intervall, das zwischen zwei Durchgängen der sich fortpflanzenden Aktivität liegt. Drittens verändert sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und viertens die Anzahl der an der Reizleitung beteiligten Neurone. Der Charakter und das Ausmaß dieser Veränderungen lassen die Autoren vermuten, daß das Verhalten der Nervenzellen auf das Wechselspiel von Reiz- und Hemmungsvorgängen in der Umgebung zurückzuführen ist. Diese wiederum sollen bei dem physiologischen Mechanismus, der den Schlafeintritt steuert, eine Rolle spielen.

WILLIAMS und GRAHAM haben 1963 bei 11 Mädchen und 10 Jungen EEG - Untersuchungen bei akustischen Reizen im Schlaf und im Wachzustand durchgeführt. Auch sie stellten fest, daß Hörreize die kortikale Aktivität der Kinder im Schlaf anders beeinflussen, als im Wachzustand.

MILLS, DERBYSHIRE und CARTER haben 1961 auch Veränderungen des EEG nach akustischen Reizen im Schlaf untersucht. Gegenüber den obengenannten Autoren sind sie allerdings der Meinung, daß der Schlafzustand beim Nachweis von Geräuschreaktionen keinen kritischen Faktor darstellt. Die Autoren machten Versuche an Versuchspersonen im Alter von 2 Monaten bis zu 21 Jahren.

Zwischen 19 und 2 Uhr wurden sie mit "CLICKS" von 10 bis 15 dB in Zeitintervallen von 15 sec beackult. Verschiedene Schlafstiefen wurden berücksichtigt. Bei der Auswertung der Elektronenencephalogramme wurde folgendes festgestellt:

- 1) Man kann eine Reaktion nachweisen, die in einem konstanten Verhältnis zu dem dazugehörigen Reiz steht.
- 2) Die Spannungsänderungen im Reaktionsbereich der Kurve stellen ein konstantes Vielfaches (1,5) gegenüber dem Ruhebereich der Kurve dar.

Die unterschiedlichen Aussagen der Autoren über Reizwirkungen im Schlaf beziehen sich <sup>auch</sup> auf die Schlafstiefe. Ihre Bedeutung in bezug auf das Wirksamwerden eines Reizes wird verschieden beurteilt.

ROSENAU hat eine objektive Hörprüfmethode angegeben. Sie beruht auf der Registrierung von Atemaktionsänderungen nach akustischen Reizen bei schlafenden Kleinstkindern. Der Autor gibt an, daß sich die Atemveränderungen zu verschiedenen Zeitpunkten der gleichen Nacht und in anderen Nächten reproduzieren lassen. Er schließt daraus, daß die Versuchsergebnisse von der Schlafstiefe nicht beeinflusst werden. Die Besonderheiten im Schlaf- EEG des Kindes lassen ihn vermuten, daß ein lebhafter Wechsel der Hemmungsvorgänge in tiefer gelegenen Hirnabschnitten stattfindet. Da der Reiz wiederholt ein Stadium minimaler Hemmung trifft, kommt es nach ROSENAU zur Auslösung einer Atemaktionsänderung.

LEHMANN hat die Schlafstiefe nach akustischen Reizen mit Hilfe des EEG kontrolliert. Anhand der Kurven konnte er feststellen, daß bereits bei akustischen Reizen von 70 dB und einer Reizdauer von 6 sec ein Übergang von tiefem Schlaf in eine flache Schlafstufe erfolgte. Nach einem solchen Reiz dauerte es 15 Minuten und mehr, bis die ursprüngliche Schlafstiefe wieder

erreicht war. Erfolgte aber in dieser Zeit ein erneuter Reiz, so bedeutete das ein weiteres Zurückdrängen der Schlaf tiefe.

STEINICKE hat Untersuchungen über die Weckwirkung akustischer Reize bei 350 Probanden durchgeführt. Die Versuche fanden zwischen 2 und 7 Uhr statt. Dabei stellte sich heraus, daß die Weckschwelle sowohl beim einzelnen, aufgrund psychologischer Faktoren, als auch von Person zu Person, sehr unterschiedlich war. Bei 45 phon wurden bereits 52% der Versuchspersonen geweckt, bei knapp 10% genügten schon 30 phon (s.Abb.2).

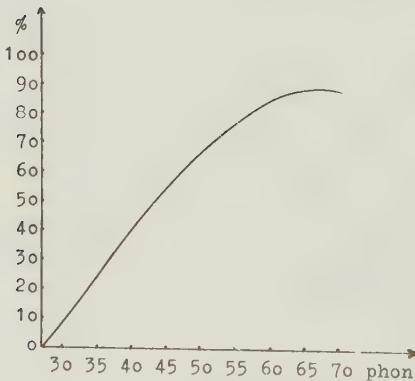


Abb. 2

Die Summationskurve zeigt den Anstieg der Häufigkeit aufgeweckter Personen in Abhängigkeit von der Lautstärke des Weckreizes. (Nach STEINICKE)

BECKMANN, WEDENBERG und auch ROSENAU haben versucht, durch Bestimmung der Wecktonschwelle Aussagen über die Hörschwelle des Schlafenden zu machen. ROSENAU hat bei seinen Versuchen festgestellt, daß einerseits schon der Schwellenreiz für die Atemaktionsänderung zu einer Weckreaktion führen kann, daß aber auch andererseits Schwellenreiz und Weckreiz Intensitätsunterschiede von 50 dB haben können. Seiner Meinung nach ist das "Erwachen" kein genügend definierter Reizerfolg, um danach die Hörschwelle bestimmen zu können. Er nimmt an, daß die Weckreaktion eine vorwiegend kortikale Äußerung ist, die von der jeweiligen Schlaftiefe mehr beeinflußt wird, als die Atemaktionsänderung.

## 3. Experimenteller Teil

### 1. Die Registrierung des Reizerfolges

Bei Versuchen mit sensiblen und sensorischen Reizen kommt es zu Reaktionen des vegetativen Nervensystems, die sich wiederum auf andere Organe oder Organsysteme auswirken. Besonders sind davon betroffen: Herz, Kreislauf, Atmung, Schweißdrüsen, Augenlid, Pupille und Kehlkopf. Um Aussagen über den Reizerfolg machen zu können, kommt es auf eine geeignete Sichtbarmachung und Registrierung der Organveränderungen an.

Bei den eigenen Reizversuchen bei schlafenden Kindern wurden Kreislaufveränderungen, d.h. Volumenschwankungen am Finger, mit Hilfe der Rheographie nach SCHUHFRIED registriert.

Weiterhin wurden mit Hilfe der Elektromyographie durch Reflexe hervorgerufene Potentialschwankungen der Muskelaktionsströme aufgezeichnet. Dazu wurde erstens die Stirnableitung gewählt, um eventuell den Aureopalpebralreflex (HAHLBROCK) registrieren zu können. Zweitens wurde die Kehlkopfableitung gewählt,

um eventuell den MUCKschen Stimmbandreflex oder eine Beeinflussung der Stimmbandschwingungen durch akustische Reize, wie sie von HUSSON und LUCHSINGER beobachtet worden sind, zu registrieren. Drittens wurde die Brustableitung gewählt, um Potentialschwankungen der Intercostalmuskeln bei Stellreflexen zu registrieren. Auf diese Weise sollten indirekt Atemschwankungen nachgewiesen werden.

Durch direkte Atemregistrierung sollten Atemaktionsänderungen nach sensiblen und sensorischen Reizen bei schlafenden Kindern aufgezeichnet werden, um auch eventuell die Ergebnisse von ROSENAU bestätigen zu können.

#### a) Die Rheographie

Die Schwankungen der Blutfüllung, wie sie im Rhythmus der Pulsweite auftreten, verursachen eine Änderung der elektrischen Leitfähigkeit des durchströmten Körpergewebes. Dabei wird die Leitfähigkeit in einem durch zwei Elektroden bestimmten Meßbereich verbessert, wenn Blut als zusätzlicher Leiter eintritt. Die Schwankungen der Blutfüllung und die Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit sind einander proportional. Diese werden mit Hilfe eines Rheographen nach KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED, in Verbindung mit einem EKG-Apparat, als Rheogramm aufgezeichnet.

#### b) Die Elektromyographie

Die Elektromyographie ermöglicht die Diagnostik von Aktionspotentialen des Muskels. Bei extracellulärer Ableitung mit Hilfe von Plättchen-elektroden, die auf der äußeren Haut angebracht werden, entsteht das summative EMG. Hierbei kommt es zu einem gemeinsamen Aktionspotential der motorischen Einheiten

größerer Muskelabschnitte. Die Elektroden erfassen aber infolge des hohen Gewebswiderstandes im allgemeinen nur bis zu 10% der Membranpotentialschwankungen. Befindet sich der Muskel in Ruhe, so ergeben sich bereits Potentialdifferenzen mit Werten um 90 mV zwischen der positiv geladenen Außenmembran und ihrer negativ geladenen Innenseite. Im Erregungsvorgang bricht das Ruhepotential zusammen. Dabei wird die Außenseite auf 40 mV negativ umgeladen. So entsteht ein Aktionspotential von 130 mV. Die Aktionspotentiale können mit Hilfe eines EKG-Gerätes und eines Verstärkers verzerrungsfrei registriert werden.

#### c) Die Atemregistrierung

Bei der Atemregistrierung werden durch eine geeignete Apparatur die Thoraxbewegungen der Versuchsperson registriert. Dem Probanden wird ein Gürtel-Pneumograph mit mäßiger, noch nicht als unbequem empfundener Spannung angelegt. Der Gürtel besteht aus einem schlauchähnlichen Gummihohlkörper, der über einen Schlauch mit einer Marey'schen Kapsel verbunden ist. Das System wird auf einen Druck von 10 mm Hg aufgeblasen. Bei Dehnung des Thorax wird der Gummihohlkörper komprimiert und die Luftdruckänderung zur Marey'schen Kapsel fortgeleitet. Über einen Elongationsgeber der Firma Schwarzer kann diese dann mit Hilfe eines EKG-Gerätes registriert werden.

#### . Versuchsaufbau und -bedingungen

Die Versuche wurden in der Zeit von September 1963 bis Oktober 1964 auf der Kinderstation der Universitätsklinik für Hals-, Nasen-, Ohrenkrankheiten in Marburg durchgeführt. Untersucht wurden Jungen und Mädchen im Alter von zwei bis acht Jahren. Sie gehörten zum Patientengut der Klinik, waren aber alle ohrgesund.

Für die Reizversuche standen zwei nebeneinander liegende, ruhige Räume zur Verfügung. In einem Raum befanden sich sämtliche Versuchsapparaturen, in dem anderen Raum stand nur ein Bett für die Versuchsperson. Im Laufe des Tages wurde ein geeignetes Kind ausgesucht und gegen 19 Uhr in dieses Bett zum Schlafen gelegt. Ängstliche Kinder konnten meist durch gutes Zureden oder mit einem Spielzeug beruhigt werden. Allerdings kam es auch immer wieder vor, daß die Probanden in dieser für sie neuen Umgebung und dem Gefühl, daß irgendetwas mit ihnen vorgenommen werden sollte, nicht einschliefen. Im allgemeinen war aber gegen 21 bis 22 Uhr ihr Schlaf tief genug. Dann wurde mit den Versuchsvorbereitungen begonnen.

Nach Reinigung der entsprechenden Hautstellen mit Alkohol wurden die Elektroden, - es waren runde Zinnplättchen von 7 - 8 mm Durchmesser mit einem angelöteten Drahtende, - mit Elektrodenhaftpaste bestrichen und mit einem Leukoplaststreifen an die Haut geheftet. Zur Registrierung des Rheogramms kamen zwei Elektroden an die Zeigefingerkuppe der rechten Hand. Zur Registrierung des Myogramms kamen sie bei der Stirnableitung mitten auf die Stirn, bei der Kehlkopfableitung an den Kehlkopf und bei der Brustableitung in den Bereich der Intercostalmuskeln auf der rechten Seite. Der Atemgürtel wurde um die Brust gelegt und durch Aufblasen auf einen Druck von 10 mm gebracht. Dann wurden noch das Bett und die Versuchsperson an eine Erdleitung angeschlossen. (Siehe Abb. 3)

Es hatte sich als praktisch erwiesen, erst nach dem Einschlafen der Versuchspersonen die Elektroden anzubringen und den Atemgürtel anzulegen. Wurde dies schon vor dem Einschlafen getan, dann fühlten sich die Kinder oft beeengt, lösten den Gürtel und wälzten sich im Bett, bis die Elektroden abgerissen waren. Andere wurden durch den Aufwand mißtrauisch und schliefen vor lauter Angst nicht ein.



Abb. 3

- 1 = Elektroden für das Rheogramm
- 2 = Elektroden für das Myogramm (Stirnableitung)
- 3 = Atemgürtel
- 4 = Erdleitung
- 5 = Lautsprecher (Kopfhörer)

Die Anbringung der Elektroden im Schlaf mußte natürlich sehr behutsam im halbdunklen Raum vorgenommen werden. Besonders schwierig war das Umlegen des Atemgürtels. Je älter die Kinder waren, um so leichter erwachten sie dabei. Für Reizversuche am gleichen Abend waren sie dann nicht mehr geeignet. Entweder schliefen sie für lange Zeit nicht wieder ein oder verfielen nur noch in einen oberflächlichen Dämmer Schlaf.

Im Nebenzimmer befanden sich die Geräte, die zur Erzeugung der akustischen Reize (Schwebungsklänge) und zur Registrierung des Reizerfolges notwendig waren. (Siehe Abb. 4)

Zwei Tongeneratoren erzeugten Sinustöne. In einer Mischstufe entstand aus zwei Sinustönen ein Schwebungsklang. Mit Hilfe eines Verstärkers konnte über einen Dezibelabschwächer die Reizintensität zwischen 5 und 112 dB variiert werden. Über eine Morsetaste wurden die akustischen Reize auf einen Kopfhörer ins Nebenzimmer übertragen. Er war über dem Bett der

Versuchsperson angebracht und wurde mit Hilfe eines schwenkbaren Armes ca. 10 cm vor einem Ohr des Probanden gehalten. (Siehe Abb. 3) Er hatte gegenüber einem feststehenden Kopfhörer den Vorteil, daß er beim Schlafen nicht störte. Dafür mußte aber der Schallpegel am Ohr des Probanden gemessen werden.

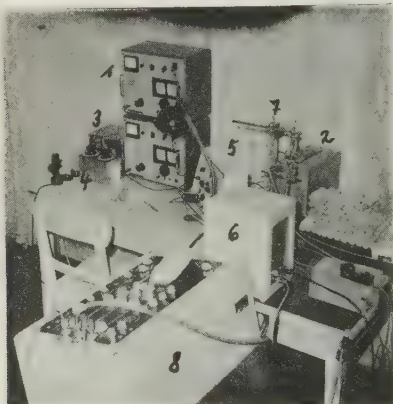


Abb. 4

- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| 1 = Tongenerator       | 5 = Rheograph               |
| 2 = Mischstufe         | 6 = Verstärker (Myogramm)   |
| 3 = Verstärker         | 7 = Marey'sche Kapsel       |
| 4 = Dezibelabschwächer | 8 = EKG - Dreifachschreiber |

Die Elektrodenkabel wurden von der Versuchsperson aus ins Nebenzimmer zu den Registriergeräten geleitet. Die vom rechten Zeigefinger wurden mit dem Rheographen, die von der Stirn bzw. Kehlkopf oder Brust mit einem Verstärker verbunden. Die Spannungsschwankungen am Ausgang des Rheographen bzw. des Verstärkers wurden vom mittleren Schreiber eines EKG - Dreifachschreibers registriert. Auch der Schlauch des Atemgürtels wurde ins Nebenzimmer geleitet. Hier wurde er mit einer Marey'schen Kapsel und dem Elongationsgeber verbunden. Die Spannungsschwankungen des Elongationsgebers wurden ebenfalls vom EKG-Gerät registriert.

### 3. Durchführung der Versuche und Ergebnisse

#### a) Reizung mit akustischen Reizen

Bei den Hörversuchen wurden 33 schlafenden Kindern insgesamt 488 akustische Reize angeboten. Gereizt wurde mit Schwebungsklängenwechselnder Frequenz (500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz) in verschiedener Reihenfolge. Die Intensität der Schwebungsklänge wurde bei den verschiedenen Frequenzen von 30 dB bis 110 dB gesteigert. Während der Reizversuche wurde von dem Probanden ein Rheogramm, ein Myogramm, mit den verschiedenen Ableitungen, oder eine Atemkurve aufgezeichnet. Reaktionen, die im Schlaf auf Hörreize hin erfolgten, wurden jeweils an den Kurven abgelesen.

Von den 488 akustischen Reizen wurden insgesamt nur 79 (16,2%) mit einer positiven Reaktion beantwortet. Davon erfolgten aber 70 erst nach Tönen mit Intensitäten von 70 - 110 dB. (Siehe Tabelle Ia)

Vergleichsweise wurden Hörprüfungen auch bei vier schlafenden Erwachsenen im Alter von 18,19,20 und 40 Jahren durchgeführt und die Reaktionen durch ein Rheogramm oder Myogramm (Stirnableitung) ermittelt. Hierbei wurden von insgesamt 58 Reizen 44 (75,9%) mit einer positiven Reaktion beantwortet. (Siehe Tab.Ic)

Tabelle Ib zeigt zum Vergleich die Versuchsergebnisse bei Kindern im Wachzustand. Hierbei erfolgte auf 77,8% der akustischen Reize eine positive Reaktion. (Plethysmographische Untersuchungen von WANDEL)

|                        | a                    | b                            | c                        |
|------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------|
|                        | schlafende<br>Kinder | wache<br>Kinder              | schlafende<br>Erwachsene |
| Anzahl d. VP.          | 33                   | 67 (davon 58<br>2 mal = 118) | 4                        |
| akustische<br>Reize    | 488                  | 1277                         | 58                       |
| positive<br>Reaktionen | 79                   | 993                          | 44                       |
| %                      | 16,2                 | 77,8                         | 75,9                     |
| negative<br>Reaktionen | 409                  | 284                          | 14                       |
| %                      | 83,8                 | 22,2                         | 24,1                     |
| dB                     | pos. Reakt.          |                              | pos. Reakt.              |
| 40 - 50                | 1                    |                              | -                        |
| 50 - 60                | 3                    |                              | -                        |
| 60 - 70                | 5                    |                              | 1                        |
| 70 - 80                | 18                   |                              | 9                        |
| 80 - 90                | 17                   |                              | 6                        |
| 90 - 100               | 21                   |                              | 13                       |
| 100 - 110              | 14                   |                              | 15                       |

Tabelle I

In Tabelle II sind die Ergebnisse der Hörversuche bei schlafenden Kindern, je nach Art ihrer Registrierung (Rheogramm, Myogramm oder Atemkurve), getrennt aufgeführt.

|               | Rheogramm   | Myogramm |          |       | Atemkurve |
|---------------|-------------|----------|----------|-------|-----------|
|               |             | Stirn    | Kehlkopf | Brust |           |
| Anzahl d. VP. | 11          | 15       | 7        | 7     | 9         |
| Reize         | 181         | 127      | 41       | 43    | 96        |
| pos. Reakt.   | 25          | 26       | 7        | 9     | 12        |
| %             | 13,8        | 20,5     | 17,1     | 20,9  | 12,5      |
| neg. Reakt.   | 156         | 101      | 34       | 34    | 84        |
| %             | 86,2        | 79,5     | 82,9     | 79,1  | 87,5      |
| dB            | pos. Reakt. |          |          |       |           |
| 40 - 50       | 1           |          |          |       |           |
| 50 - 60       | 3           |          |          |       |           |
| 60 - 70       | 5           |          |          |       |           |
| 70 - 80       | 1           | 9        | 5        | 3     |           |
| 80 - 90       | 4           | 8        |          | 3     | 2         |
| 90 - 100      | 5           | 7        | 2        | 3     | 4         |
| 100 - 110     | 6           | 2        |          |       | 6         |

Tabelle II

Bei der Auswertung der Rheogramme ergab sich, daß auf 181 Reize 25 (13,8%) positive Reaktionen kamen. Bei den Myogrammen erfolgte bei 211 Reizen, bei allen Ableitungen, insgesamt 42 mal (19,5%) eine positive Reaktion. (In Tabelle II werden die Ergebnisse für die Stirn-, Kehlkopf- und Brustableitung einzeln aufgeführt). Aus den Atemkurven sind bei 96 Reizen 12 (12,5%) positive Reaktionen zu ersehen. Aus dem unteren Teil der Tabelle ist ersichtlich, bei welchen Reizintensitäten die positiven Reaktionen jeweils erfolgten.

#### Reizung mit Lichtreizen

Bei 10 Versuchspersonen wurden die Reaktionen bei Lichtreizen im Schlaf geprüft. Eine Glühbirne von 40 Watt wurde im Abstand von ungefähr 20 cm vor die Augen des Probanden gehalten und dann für ungefähr 3 sec eingeschaltet. Dann blieb sie 10 sec aus und wurde dann wieder für 3 sec eingeschaltet usw. Während der Vorversuche wurde ein Rheogramm oder eine Atemkurve des Probanden aufgezeichnet. Dabei wurde auf insgesamt 74 Lichtreize 11 mal (14,9%) reagiert. (Siehe Tab. III)

|           | Reizart   | VP. | Anzahl<br>der Reize | pos.<br>Reakt. | %     | neg.<br>Reakt. | %    |
|-----------|-----------|-----|---------------------|----------------|-------|----------------|------|
|           | Licht     | 10  | 74                  | 11             | 14,9  | 63             | 85,1 |
|           | Berührung | 10  | 30                  | 28             | 93,3  | 2              | 6,7  |
|           | Kälte     | 14  | 50                  | 42             | 84,0  | 8              | 16,0 |
| RHEOGRAMM | Licht     | 7   | 54                  | 7              | 13,0  | 47             | 87,0 |
|           | Berührung | 4   | 7                   | 7              | 100,0 | 0              | 0    |
|           | Kälte     | 4   | 12                  | 11             | 91,7  | 1              | 8,3  |
| MYOGRAMM  | Licht     | -   | -                   | -              | -     | -              | -    |
|           | Berührung | -   | -                   | -              | -     | -              | -    |
|           | Kälte     | 5   | 26                  | 21             | 80,8  | 5              | 19,2 |
| ATEMKURVE | Licht     | 4   | 20                  | 4              | 20,0  | 16             | 80,0 |
|           | Berührung | 6   | 23                  | 18             | 78,3  | 5              | 21,7 |
|           | Kälte     | 5   | 12                  | 10             | 83,3  | 2              | 16,7 |

Tabelle III

c) Reizung mit Geruchsreizen

Bei 12 schlafenden Kindern wurden Versuche mit Geruchsreizen durchgeführt. Vor dem Schlafengehen bekamen die Kinder Nasivin R-Tropfen, um die Nasenatmung durch Abschwollen zu verbessern. Als Reizstoffe wurden Kaffe, Maggi,  $H_2S$ , Kölnisch Wasser und Essigsäure verwandt. Ein Wattebausch, der mit dem zu prüfenden Riechstoff getränkt war, wurde den schlafenden Kindern für ungefähr 10 sec unter die Nase gehalten. Die Reaktionen wurden aus dem Rheogramm, dem Myogramm oder der Atemkurve ermittelt. Auf insgesamt 88 Geruchsreize, ausgenommen Essigsäure, wurde 17 mal (19,3%) positiv reagiert. (Siehe Tab. IVa) Reize mit Essigsäure nehmen eine Sonderstellung ein, weil es sich hierbei um direkte Trigeminusreize handelt. Bei 22 Reizen kam es hierbei zu 14 (63,6%) positiven Reaktionen. (Siehe Tabelle IVb)

|                 | a                 | b                    |
|-----------------|-------------------|----------------------|
|                 | Geruchs-<br>reize | Trigeminus-<br>Reize |
| Anzahl d. VP.   | 12                | 12                   |
| Anzahl d. Reize | 88                | 22                   |
| pos. Reakt.     | 17                | 14                   |
| %               | 19,3              | 63,6                 |
| neg. Reakt.     | 71                | 8                    |
| %               | 80,7              | 36,4                 |

Tabelle IV

Eine Übersicht über die unterschiedliche Wirkung der einfachen Geruchsreize zeigt Tabelle IVc. Daraus geht hervor, daß häufiger auf Schwefelwasserstoff und Maggi reagiert wurde als auf Kaffee und Kölnisch Wasser.

| Riechstoff       | Anzahl<br>d. Reize | pos.<br>Reakt. | %    | neg.<br>Reakt. | %    |
|------------------|--------------------|----------------|------|----------------|------|
| Kaffee           | 22                 | 3              | 13,6 | 19             | 86,4 |
| Maggi            | 22                 | 5              | 22,7 | 17             | 77,3 |
| Kölnisch Wasser  | 22                 | 3              | 13,6 | 19             | 86,4 |
| H <sub>2</sub> S | 22                 | 6              | 27,3 | 16             | 72,7 |

Tabelle IVc

d) Untersuchung bei Kältereizen

Bei 14 schlafenden Kindern wurden die Reaktionen bei Kältereizen geprüft. Durch Auftropfen von etwas Chloräthyl auf den linken Arm (das Rheogramm wurde am Zeigefinger der rechten Hand registriert), wurde ein Kältereiz gesetzt. Während des Reizes wurde ein Rheogramm, Myogramm oder eine Atemkurve des Probanden aufgezeichnet. Bei insgesamt 50 Kältereizen kam es zu 42 (84,0%) positiven Reaktionen. (Siehe Tabelle III)

e) Reizung durch Berührung

Bei 10 schlafenden Kindern wurden die Reaktionen nach Berührungsreizen geprüft. Der Reiz wurde durch Bestreichen des linken Armes mit einem Spatel erzeugt. Während des Reizes wurde ein Rheogramm, ein Myogramm oder eine Atemkurve des Probanden aufgezeichnet. Bei insgesamt 30 Berührungsreizen kam es zu 28 (93,3%) positiven Reaktionen. (Siehe Tabelle III)

Im unteren Teil der Tabelle sind die Ergebnisse je nach Art der Registrierung noch einmal einzeln aufgeführt.

In Tabelle V sind die Versuchsergebnisse für alle Reizarten zusammengestellt. Tabelle Va zeigt die Reaktionen nach sensorischen, Vb vergleichsweise nach sensiblen Reizen.

Einen Überblick über die Altersverteilung der Kinder und die positive Reizbeantwortung in Abhängigkeit vom Alter der Kinder gibt die Tabelle VI. Die Zahl der Versuchspersonen ist aber zu gering, um daraus eine Gesetzmäßigkeit ableiten zu können.

|   | Reizart             | pos. Reakt.<br>in % | neg. Reakt.<br>in % |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| a | Klang               | 16,2                | 83,8                |
|   | Geruch              | 19,3                | 80,7                |
|   | Licht               | 14,9                | 85,1                |
| b | Trigeminus-<br>reiz | 63,6                | 36,4                |
|   | Berührung           | 93,3                | 6,7                 |
|   | Kälte               | 84,0                | 16,0                |

Tabelle V

| Alter in Jahren                        | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8 |    |
|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|
| Jungen                                 | 2   | 7   | 5   | 3   | 2   | 3   | - | 22 |
| Mädchen                                | -   | 4   | 2   | 3   | 3   | 2   | 1 | 15 |
|                                        | 2   | 11  | 7   | 6   | 5   | 5   | 1 | 37 |
| pos. Reakt.                            | 11  | 28  | 4   | 21  | 17  | 24  | - |    |
| durchschnittl. pos.<br>Reakt. pro Kind | 5,5 | 2,5 | 0,6 | 3,5 | 3,5 | 4,8 | - |    |

Tabelle VI

#### D. Besprechung der Versuchsergebnisse

Bei der Auswertung der Reizversuche wurde zwischen positiven und negativen Reaktionen unterschieden. In diesem Zusammenhang bedeutet positive Reaktion, daß die während des Versuches registrierte Kurve (Rheogramm, Myogramm oder Atemkurve) auf einen Reiz hin bestimmte Merkmale zeigt, die die Ruhekurve nicht aufweist. Eine negative Reaktion liegt dann vor, wenn die Kurvenform während eines Reizes unverändert bleibt.

Das R h e o g r a m m zeigt eine Amplitudenverkleinerung, wenn es im Meßbereich zu einer Arteriolenverengung kommt. Sensible und sensorische Reize können über das Vasomotorenzentrum einen Vasomotorenreflex auslösen, der dann zu einer Vasokontraktion in der Peripherie führt. Manchmal geht eine Amplitudenzunahme voraus. Ein Sinken der Volumenpulskurve unter die Nulllinie kann als Abnahme des Blutgehaltes im Meßbereich gedeutet werden. (MATTHES, POLZER u. SCHUHFRIED)

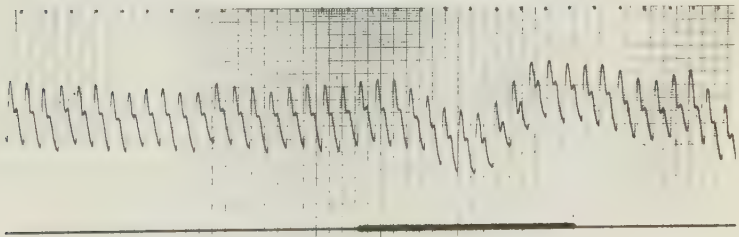


Abb. 5

Rheogramm eines 18-jährigen Jungen im Schlaf. Gereizt wurde mit einem Schwebungsklang von 66 dB bei 4 000 Hz. Oben Zeitmarkierung in Sekunden, unten Reizmarkierung.

Das Kleinerwerden der Amplitude und das Sinken der Kurve unter die Nulllinie während des Reizes (bei Abbildung 5) bedeutet eine positive Reaktion, d.h. eine Reizbeantwortung des Probanden im Schlaf. Dagegen zeigt Abbildung 6 vergleichsweise eine negative Reaktion. Während des Reizes zeigt die Kurve keine Veränderung gegenüber der Ruhekurve. Intensität und Frequenz der akustischen Reize sind in beiden Fällen gleich.

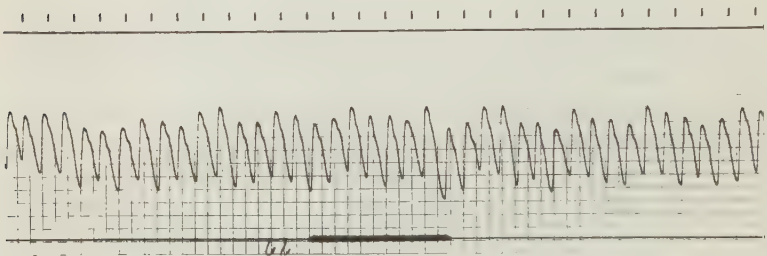


Abb. 6

Rheogramm eines 5-jährigen Jungen im Schlaf. Gereizt wurde mit einem Schwebungsklang von 66 dB bei 4 000 Hz.

Beim M y o g r a m m wurde als positive Reaktion die Vergrößerung der Amplitude auf einen Reiz hin gewertet. Die Amplitudenhöhe ist eine Funktion der Anzahl der sich synchron entladenden Faserpotentiale. (MÜLLER-SEIFERT)

Die deutliche Amplitudenvergrößerung während der Reizeinwirkung bei Abbildung 7 zeigt, daß der Reiz in diesem Fall zu einer positiven Reaktion geführt hat. Abbildung 8 zeigt vergleichsweise wieder eine negative Reaktion.

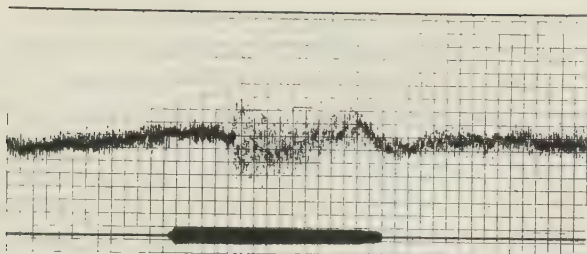


Abb. 7

Myogramm (Stirnableitung) eines 7-jährigen Jungen.  
Gereizt wurde mit einem Schwebungsklang von 87 dB bei  
500 Hz.

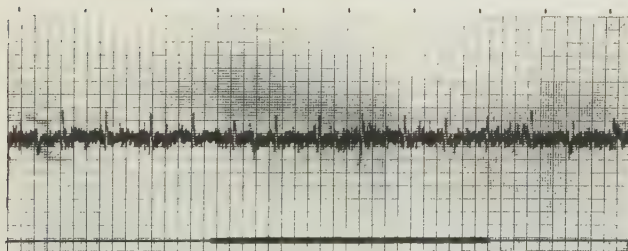


Abb. 8

Myogramm (Kehlkopfableitung) eines 5-jährigen Jungen.  
Gereizt wurde mit einem Schwebungsklang von 77 dB  
bei 500 Hz.

Bei der Auswertung der A t e m k u r v e n  
wurden die von ROSENAU angegebenen Veränderungen  
(Stufenbildungen, Auslenkungen und Verkürzungen des  
Inspiriums) berücksichtigt.

Abbildung 9 zeigt deutlich die Verkürzung  
des Inspiriums bei einem Atemzug während des Reizes.  
Diese Veränderung ist also als positive Reaktion zu  
bewerten, auch wenn sie, wie die Abbildung zeigt, nicht

gleich zu Beginn des Reizes, sondern erst nach einer Reizdauer von 3 Sekunden auftritt. Abbildung 10 zeigt zum Vergleich wieder eine negative Reaktion. Trotz hoher Reizintensität zeigt die Kurve während des Reizes keine eindeutigen Veränderungen.

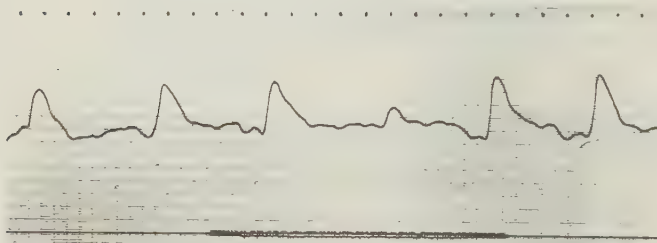


Abb. 9

Atemkurve eines 4-jährigen Mädchens. Gereizt wurde mit einem Schwebungsklang von 108 dB bei 500 Hz.

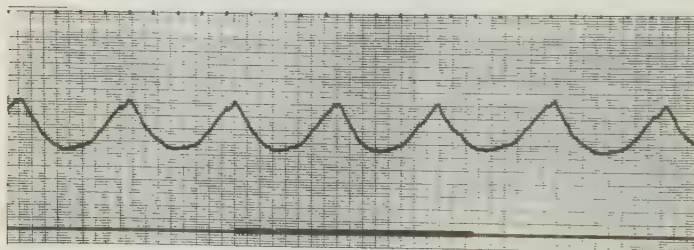


Abb.10

Atemkurve eines 5-jährigen Mädchens. Gereizt wurde mit einem Schwebungsklang von 101 dB bei 2 000 Hz.

Bei der Auswertung der Kurven ergab sich, daß die Reaktionen bei Reizversuchen im Schlaf nicht immer so eindeutig sind wie im Wachzustand.

Die Amplitudenveränderungen sind oft nur gering und deshalb von Spontanschwankungen schwer zu unterscheiden. Bei den Abbildungen handelt es sich jeweils nur um eindeutige Reaktionen. ROSENAU hat bei Atemkurven schon minimale Stufenbildungen als Reizbeantwortung gewertet. Das läßt sich aber nur bei ganz gleichmäßigen Kurven durchführen. Die eigenen Versuche haben gezeigt, daß auch die Atmung im Schlaf nur in wenigen Fällen so regelmäßig ist, daß bei der Ruhkurve keine kleinen Spontanschwankungen auftreten. Bei den Versuchen kam es oft vor, daß die positive Reaktion nicht gleich bei dem ersten, sondern erst beim dritten oder vierten Reiz gleicher Intensität erfolgte, sich dann aber nicht beim fünften, sechsten oder siebten Reiz wiederholte. Außerdem war bei den Volumenpulskurven manchmal zu beobachten, daß nach wiederholter Reizung keine positive Reaktion mehr auf einen einzelnen Reiz hin erfolgte, sondern daß sich der ganze Charakter der Ruhkurve änderte. In langsamem Übergang veränderten sich Frequenz und Amplitude, ohne auf einen bestimmten Reiz anzusprechen. Wahrscheinlich spiegelt in diesen Fällen die Kurve, verursacht durch die wiederholten Reize, den Übergang eines tiefen Schlafstadiums in ein flaches, unruhigeres Schlafstadium wieder.

Abbildung 11 und 12 zeigen Atemkurve und Rheogramm ein und derselben Versuchsperson. Bei Abbildung 11 handelt es sich um eine nicht eindeutige Reaktion. Das Rheogramm zeigt eine Reizbeantwortung durch Veränderung von Amplitude und Frequenz. Dabei bleibt die Atemkurve unverändert. Das bedeutet, daß das Rheogramm möglicherweise eine Spontanreaktion zeigt, die nicht auf den akustischen Reiz zurückzuführen ist. Abbildung 12 zeigt dagegen vergleichsweise eine eindeutige Reaktion nach einem optischen Reiz. Atemkurve und Rheogramm weisen gleichzeitig bei Einwirkung des Reizes eine Verkleinerung der Amplitude auf. Das spricht für eine positive Reaktion.

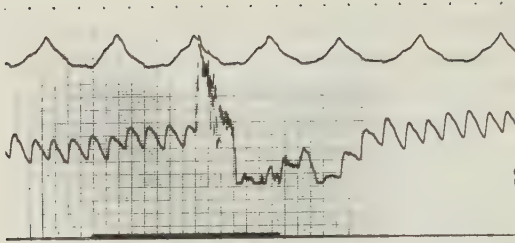


Abb. 11

Atemkurve (oben) und Rheogramm (Mitte) eines 3-jährigen Mädchens. Gereizt wurde mit einem Schwebungsklang von 108 dB bei 500 Hz.

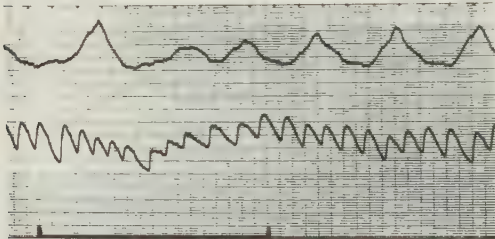


Abb. 12

Atemkurve (oben) und Rheogramm (Mitte) eines 3-jährigen Mädchens. Reaktion bei einem optischen Reiz.

Es ist möglich, daß durch Interpretationsfehler die Ergebnisse etwas ungenau sind. Die Auswertung wurde so vorgenommen, daß in Zweifelsfällen zugunsten einer Reizbeantwortung entschieden wurde. Das bedeutet, daß der Prozentsatz der positiven Reaktionen möglicherweise zu hoch ist. Zu niedrig ist er sicher nicht.

Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse konnten die Kurven von insgesamt 37 Kindern und 4 Erwachsenen berücksichtigt werden. Daß es nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Versuchspersonen ist, liegt an der schwierigen Versuchsbedingung, die durch den "Schlaf" gegeben war. Denn bei der Auswertung konnten nur solche Probanden berücksichtigt werden, die bis zum Ende der Reizversuche geschlafen hatten und gleichmäßige Ruhekurven aufwiesen. Viele Versuche mußten daran scheitern, daß die Kinder in der fremden Umgebung und dem ungewohnten "großen Bett" nur sehr schlecht einschliefen. Ein großer Teil von ihnen, besonders die Älteren, erwachten schon bei den Versuchsvorbereitungen, insbesondere beim Umlegen des Atemgürtels. Andere erwachten durch die wiederholten Reize oder wiesen so unregelmäßige Ruhekurven auf, daß sie nicht ausgewertet werden konnten.

Aus versuchstechnischen Gründen war es nicht möglich, während der Reizversuche von jeder Versuchsperson ein Rheogramm, ein Myogramm mit Stirn-, Kehlkopf- und Brustableitung und eine Atemkurve aufzeichnen. Es wurden aber verschiedene Registrierarten angewandt um festzustellen, mit welcher die Reaktionen des Probanden am besten erfaßt werden könnten. Die Versuche haben gezeigt, daß die Ergebnisse von der Art ihrer Registrierung weitgehend unabhängig waren. Tabelle II zeigt am Beispiel der Hörversuche, daß die Ergebnisse des Rheogramms, des Myogramms und der Atemkurve um maximal 8% schwanken. Das ist in Anbetracht der möglichen Interpretationsfehler kein großer Unterschied. Bei der Gesamtauswertung der Reizbeantwortung wurde also die Art der Registrierung unberücksichtigt gelassen. Es kam ja in erster Linie darauf an zu klären, ob nach sensiblen und sensorischen Reizen im Schlaf überhaupt Reaktionen zu beobachten waren.

Die Versuche mit akustischen Reizen haben nun gezeigt, daß nur bei 16,2% der angebotenen Reize eine positive Reaktion des Organismus erfolgte. Das ist gegenüber 77,8%, die WANDEL bei wachen Kindern beobachten konnte, sehr wenig. Interessant ist, daß bei den Versuchen im Schlaf von 79 positiven Reaktionen allein 70 erst nach Reizen von 70 - 110 dB erfolgten. Diese Reizintensität ist bereits so hoch, daß je nach Schlaftiefe schon ein Weckreiz vorliegen kann. Bei den Untersuchungen von WANDEL dagegen, treten die positiven Reaktionen schon bei Reizen auf, die nur durchschnittlich 12 dB über der Hörschwelle der Kinder liegen.

Die Beobachtung von WANDEL, daß die Wirkung eines Reizes unabhängig von der Frequenz des Reiztones ist, konnte bei den eigenen Versuchen auch bei schlafenden Probanden bestätigt werden.

Von den Lichtreizen wurden im Schlaf 14,9% positiv beantwortet. Bei den Versuchen mit Geruchsreizen war das Ergebnis ähnlich. Hierbei erfolgte auf 19,3% der Reize eine positive Reaktion. Von den angebotenen Riechstoffen reagierten die Kinder am meisten auf Schwefelwasserstoff, dann auf Maggi und am wenigsten auf Kaffee und Kölnisch Wasser. Eine Aussage über die unterschiedliche Wirkung lustbetonter und unlustbetonter Reize läßt sich aufgrund der verhältnismäßig kleinen Anzahl von Versuchspersonen nicht machen. Im übrigen war die Reaktion bei Geruchsreizen im Schlaf ohnehin nur sehr gering.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß Reize, die mit Hilfe der spezifischen Sinnesorgane des Kopfes aufgenommen werden, nur eine geringe Wirkung auf das vegetative Nervensystem schlafender Kinder ausüben. Denn alle akustischen, optischen und olfaktorischen Reize zusammengenommen, wurden nur zu 16,8% beantwortet.

Interessant ist , daß die Ergebnisse, die bei schlafenden Erwachsenen beobachtet wurden, stark von den Ergebnissen der Kinderversuche abweichen. Allerdings konnten nur die Versuchsergebnisse von vier erwachsenen Probanden ausgewertet werden. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Kinderversuche ist also nicht ohne weiteres möglich. Die 18, 19, 20 und 40-jährigen Männer beantworteten 75,9% der angebotenen akustischen Reize mit einer positiven Reaktion. Allerdings lagen auch hier die Reizintensitäten, die zu positiven Reaktionen führten, zwischen 70 und 110 dB, also durchaus im Bereich der Weckschwelle. Die vier Probanden wachten aber während der Versuche nicht auf und gaben auch an, keinen Ton gehört zu haben.

Im Gegensatz zu den sensorischen Reizen stellten sich die meisten sensiblen Reize bei schlafenden Kindern als wirksamer heraus. Bei den Reizversuchen wurden von den angebotenen Trigeminusreizen 63,6% beantwortet. Bei Kältereizen erfolgte zu 84%, bei Berührungsreizen zu 93,3% eine positive Reaktion. Der Trigeminusreiz wurde durch Essigsäuredämpfe an der Nasenschleimhaut ausgelöst. Es handelt sich hierbei insofern um einen sensiblen Reiz, weil nicht das Riechepithel, sondern sensible Nervenendigungen des Trigeminus in der Nasenschleimhaut gereizt werden. Dabei kommt es zu einem reflektorischen Atemstillstand. Bei den Versuchen wurde die Essigsäure nur in schwacher Konzentration angewandt. So ist zu erklären, daß hierbei nur auf 63,6% der Reize eine positive Reaktion erfolgte.

Das unterschiedliche Verhalten der schlafenden Kinder nach Reizung der spezifischen Sinnesorgane wie Ohr, Auge und Nase einerseits und nach Reizung sensibler Rezeptoren in der Haut andererseits, läßt sich vielleicht entwicklungsgeschichtlich erklären. Die Schmerz- und Temperaturempfindung, sowie die

einfache Druck- und Berührungsempfindung ist die phylogenetisch älteste, d.h. primäre oder primitive, auch protopathisch genannte Sensibilität (STURM, WAWERSIK). Die Reizleitung verläuft über afferente Rückenmarksbahnen: Sensibler Hautnerv - Spinalganglion - hintere Wurzel - Hinterhorn - Medulla oblongata und schließlich über den lateralen Thalamuskern zu den sensiblen Rindenarealen. Wahrscheinlich erfolgt die Umschaltung auf vegetative Nervenbahnen während des Schlafes im Rückenmark unter Umgehung übergeordneter Zentren im Gehirn. Aufgrund seiner phylogenetischen Bedeutung ist ja das Rückenmark zu gewissen spinalen Eigentätigkeiten befähigt. Es kann vegetative Reflexe auslösen. Ein solcher Reflex ist ja zum Beispiel auch der Atemstillstandreflex nach einem Trigeminusreiz. REIN deutet ihn als Schutzreflex.

Dagen scheinen bei der Reizung von Auge, Ohr und Nase die Zentren in der Kortex auch im Schlaf eine entscheidende Rolle zu spielen. Die Literatur spiegelt viele Meinungen wieder, die sich mit der Frage beschäftigen, ob ein Reiz bis ins Bewußtsein vordringen muß oder nicht, wenn er eine vegetative Reaktion auslöst. Die Wachversuche von LANGE, MOSSO, LEHMANN, MENTZ, KIESOW, KRETSCHMER, WITTKOWER, KOTTMEYER, STEINMANN, JAGGI, WIDMER u.a. haben gezeigt, daß es sich bei der Reizbeantwortung um vorwiegend psychische Reaktionen handelt, die ja nur dann möglich sind, wenn der Reiz in der Großhirnrinde bewußt geworden ist. Allerdings haben CORBEILLE und BALDES Atemveränderungen nach akustischen Reizen bei decerebrierten Tieren nachgewiesen. Sicherlich lassen sich aber diese Ergebnisse, die auch nur bei sehr hohen Reizintensitäten zu beobachten sind, nicht ohne weiteres auch für Reizversuche beim Menschen zugrunde legen. Nach LEHMANN sollen primär vegetative Reaktionen im Wachzustand

überhaupt erst oberhalb 65 dB auftreten. Nach neueren Versuchen hat er angegeben, daß nach akustischen Reizen vegetative Reaktionen im Schlaf sogar wesentlich **stärker** ausfallen sollen als im Wachzustand. Das konnte durch die eigenen Versuche nicht bestätigt werden.

Vielmehr sind im Schlaf besondere Bedingungen gegeben, die dafür sprechen, daß Informationen von den Sinnesorganen auf ihrem Weg zur Großhirnrinde gehemmt werden.

- 1) Das Schlaf-EEG zeigt gegenüber dem Wach-EEG verminderte bioelektrische Aktivität (BLECKMANN, JUNG, LEHMANN).
- 2) Die Formatio reticularis "filtert" die Informationen zur Kortex und bewirkt gegebenenfalls eine "Weckreaktion" (PÁUL HERNÁNDEZ PEÓN).
- 3) Die Kortex ist zwar während des Schlafes in Funktion, sie reagiert aber nur auf bestimmte Signale (OSWALD, TAYLOR, TREISMANN).
- 4) Es verändern sich die Aktivität der Nervenzellen und die Reizleitung im Sinne einer Hemmung. Davon ist auch der Thalamus als Umschaltstation für vegetative Reflexe betroffen (VERZEANO, NEGISHI).

Daß nun ein geringer Prozentsatz der Reize trotzdem eine Reizbeantwortung im Schlaf erfährt, liegt wahrscheinlich an der unterschiedlichen Schlaf-tiefe der Probanden. Die Weckversuche von STEINICKE (Abb. 2) haben bewiesen, daß nicht bei allen Personen ein und dieselbe Reizintensität zum Erwachen führt, d.h. die Schlaf-tiefe ist individuell verschieden. Nach REIN wird sie endogen von der Formatio reticularis bestimmt, aber auch exogene Faktoren beeinflussen sie. Nach HESS jun. herrscht in tiefem Schlaf vollständige Bewußtlosigkeit, dagegen ist bei leichtem Schlaf ein

Teil des komplexen Bewußtseins in Funktion. Das bedeutet, daß bei niedriger Schlaftiefe ein Reiz von bestimmter Intensität eher eine Reaktion des Probanden hervorrufen kann als bei tiefem Schlaf. ROSENAU ist der Meinung, daß die Atemaktionsänderungen unabhängig von der Schlaf-tiefe sind, jedoch lassen die eigenen Versuchsergebnisse vermuten, daß die Schlaftiefe einen entscheidenden Faktor für das Wirksamwerden von Reizen darstellt.

Wahrscheinlich beruhen auf der unterschiedlichen Schlaftiefe bei Kindern und Erwachsenen auch die unterschiedlichen Versuchsergebnisse. BLECKMANN und JUNG stellten einen grundsätzlichen Unterschied zwischen dem kindlichen und dem erwachsenen Schlaf-EEG fest. Auch durch andere Meßverfahren ist nachgewiesen, daß Kinder eine größere Schlaftiefe haben als Erwachsene. Demnach ist anzunehmen, daß Kinder eben aufgrund ihrer allgemein größeren Schlaftiefe auf Reize im Schlaf weniger reagieren als Erwachsene. Außerdem hat LEHMANN darauf hingewiesen, daß er bei Kindern von 3 bis 6 Jahren im Wachzustand nach akustischen Reizen im wesentlichen keine Reaktionen wie bei den Erwachsenen, sondern "Schreckreaktionen" beobachtet hat. Gleiche Reaktionen haben KUNDT, BRÜCK und HENSEL bei Katzen nach Temperaturreizen beschrieben. Bei den eigenen Versuchen konnten diese "Schreckreaktionen" bei schlafenden Kindern nicht beobachtet werden.

LEHMANN hat mit Hilfe des EEG nachgewiesen, daß durch jeden Reiz die Schlaftiefe verändert wird, d.h. der Schlaf wird flacher. Für die Durchführung von Reizversuchen bei schlafenden Personen hat das eine große Bedeutung. Wird nämlich bei einem Versuchsdurchgang mehrmals ein Reiz angeboten, so nimmt laufend die Schlaf-tiefe ab und damit ändert sich ständig die Reaktions-lage. Das heißt, daß die Versuchsbedingungen für einen Versuchsdurchgang und für ein und dieselbe Versuchsperson

nicht konstant sind. Dazu kommt noch, daß ungeachtet der exogenen Faktoren die Schlaf tiefe sowieso in einem gewissen Rhythmus schwankt, je nachdem zu welchem "Schlaf-typ" (KRAEPELIN) die Versuchsperson gehört.

Die Ergebnisse zeigen also, daß der Schlaf kein zu definierender Zustand ist. Bei Reizversuchen kann er nicht als "konstanter Faktor" angesehen werden, sondern stellt, bedingt durch die wechselnde Schlaf tiefe, eine "variable Größe" dar. Das bedeutet insbesondere für die Durchführung einer objektiven Hörprüfung, daß dabei die Schlaf tiefe mit Hilfe eines EEG registriert und berücksichtigt werden sollte. Aber abgesehen davon, hat sich bei den Versuchen auch gezeigt, daß schlafende Kinder für die objektive Hörprüfung nach KOTTMEYER ungeeignet sind. Erstens zeigen sie nach akustischen Reizen nur selten eine vegetative Reaktion, zweitens müssen die Reizintensitäten so hoch sein, daß sie für manche Kinder schon einen Weckreiz bedeuten.

## E. Zusammenfassung

Anhand der Literatur wird der Einfluß sensibler und sensorischer Reize auf die verschiedenen Körperfunktionen im Wachzustand und im Schlaf geschildert.

Die folgenden Versuche zeigen die Reaktionen schlafender Kinder nach akustischen Reizen (Schwebungsklänge), sowie nach Licht-, Geruchs-, Kälte- und Berührungsreizen. Die Untersuchungen wurden bei insgesamt 37 Kindern, im Alter von 2 bis 8 Jahren, zwischen 21 und 23 Uhr durchgeführt. Die Registrierung des Reizerfolges geschah mit Hilfe der Rheographie, der Elektromyographie und durch Atemregistrierung. Dabei schliefen die Probanden in einem ruhigen Raum, während sich in einem Nebenraum die Versuchsaapparaturen befanden. Die Schwebungsklänge wurden durch Mischen zweier Sinustöne erzeugt und mit Intensitäten von 30 - 110 dB mit wechselnder Frequenz (500, 1000, 2 000, 4 000, 8 000 Hz) auf einen Kopfhörer übertragen.

Die Versuchspersonen beantworteten 16,2 % der angebotenen akustischen Reize mit einer positiven Reaktion, vorwiegend nach Intensitäten von 70 - 110 dB. Das bedeutet, daß sich schlafende Kinder für eine objektive Hörprüfung nach KOTTMEYER nicht eignen. Aber auch die Versuchsergebnisse von ROSENAU, der regelmäßig Atemaktionsänderungen bei schlafenden Kleinkindern nach akustischen Reizen beobachtet hat, konnten nicht bestätigt werden. Die angebotenen Lichtreize erfuhren zu 14,9 % und die Geruchsreize (Kaffee, Maggi, Schwefelwasserstoff oder Kölnisch Wasser) zu 19,3 % eine Reizbeantwortung.

Gegenüber diesen sensorischen Reizen wurden häufiger Reaktionen nach sensiblen Reizen registriert. Die Probanden beantworteten von den

Kältereizen 84,0 %, von den Berührungsreizen 93,3 % und von den Trigeminiisreizen (Reizung der Nasenschleimhaut mit Essigsäure) 63,6 %.

Vergleichsweise wurden auch Versuche mit akustischen Reizen (Schwebungsklänge) bei 4 Erwachsenen, im Alter von 18, 19, 20 und 40 Jahren, durchgeführt. KOTMEYER hatte schon früher bei erwachsenen Versuchspersonen, die eingeschlafen waren, mit Intensitäten von 60 - 70 dB keine Reaktionen auslösen können. Bei den eigenen Untersuchungen reagierten die Probanden auf 75,9 % der angebotenen Reize. 3/4 dieser Reizbeantwortungen erfolgten aber erst nach Intensitäten von 80 - 110 dB. (Die Versuche wurden an einer größeren Zahl nicht fortgeführt, weil kein klinisches Interesse an einer objektiven Hörprüfung Erwachsener im Schlaf besteht. Gegenüber Kindern lassen sie sich im Wachzustand viel einfacher und genauer untersuchen).

Die Untersuchungsergebnisse von LEHMANN konnten durch die eigenen zum Teil bestätigt werden. Bei schlafenden Kindern wurden ebenfalls durch akustische Reize nur selten plethysmographische Reaktionen erzeugt. Dies war bei Erwachsenen zwar möglich, allerdings erst bei sehr hohen Intensitäten, wenn mit Schwebungsklangen gereizt wurde. Dagegen hat LEHMANN bei Reizen mit Geräuschen Reaktionen schon nach niedrigeren Intensitäten beobachtet.



Literaturverzeichnis

- BAUMANN, R.: Physiologie des Schlafs und Klinik der Schlaftherapie, Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1953)  
zit. bei ROSENAU, H.
- BECKMANN, G.: Diskussionsbeitrag auf der 32. Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft der HNO-Ärzte, Freiburg (1961)  
zit. bei ROSENAU, H.
- BELL, C.: Die Anatomie und Physiologie des Ausdrucks, (1806)  
zit. bei KOTTMEYER, G.
- BLAKE, GIRARD, KLEITMANN: zit. bei ROSENAU, H.
- BLECKMANN, K. H.: Der Schlaf des Kindes, Verlag f. med. Psychologie Göttingen (1955)
- BRACHMANN, M.: Grenzen und Bedeutung der Lärmwirkung auf den Schlaf des Menschen, Med. Diss., Hamburg (1956)
- BREMER, F.: Some problems in neurophysiology, Athlone Press, London (1953) zit. bei REIN-SCHNEIDER
- BUCHTHAL, F.: Einführung in die Elektromyographie, Verlag Urban u. Schwarzenberg, München u. Berlin (1958)
- BUGARD, P.: Action biologique de bruits complexes de niveau élevé, C.R. Soc. Biol. 145, 807 Paris (1951)
- CANNON, W. B.: Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage; an Account of recent Researches into the Function of Emotional Excitement, New York (1929) zit. bei GEIGY, J. R.
- TEN CATE, J.: Pupilvernauwing bij acustische prikkels, Ned. T. Geneesk. 77, 5355 (1933) zit. bei GEIGY, J. R.
- CORBEILLE, C. u. BALDES, E. J.: Respiratory responses to acoustic stimulation in intact and decerebrate animals, Amer. J. Physiol. 88, 481 (1929) zit. bei GEIGY, J. R.
- DARWIN, CH.: zit. bei KOTTMEYER, G.
- DELL, P., BONVALLET, M. u. HUGELIN, A.: Mechanism of reticular deactivation, Ciba Foundation Symposion, London (1961)
- FÉRE, CH.: zit. bei KOTTMEYER, G.
- GEIGY, J. R.: Dokumenta Geigy, Mensch und Umwelt Nr. 4, Basel (1960)
- GILDEMEISTER, M.: Der galvanische Hautreflex, Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie von BETHE-BERGMANN EMBDEN-ELLINGER, 8, 775 (1928)
- GOLENHOFEN, K. u. HILDEBRANDT, G.: Psychische Einflüsse auf die Muskeldurchblutung, Pflügers Arch. ges. Physiol. 263, 637 (1957) zit. bei KOTTMEYER, G.
- GOLENHOFEN, K. u. HILDEBRANDT, G.: Über spontan rhythmische Schwankungen der Muskeldurchblutung des Menschen, Z. Kreisl.-Forsch. 46, 257 (1957) zit. bei KOTTMEYER, G.
- HAHLBROCK, K. H.: Die audiometrische Prüfung des akustischen Lidreflexes, Arch. Ohr.-, Nas.-u. Kehlk.-Heilk. 174, 139 (1959)
- HARMON, F. L.: The effects of noise upon certain psychological and physiological processes, Arch. Psychol. 147 New York (1933) zit. bei GEIGY, J. R.
- HERNÁNDEZ-PEON, P.: Reticular Mechanism of Sensory Control, Sensory Communication, The MI-T-Press, J. Wiley & Sons New York - London (1959)
- HESS, R. jun.: Der Schlaf, Merkmale, Wesen und Bedeutung, Umschau 53, 452 (1953)
- HESS, W. R.: Die funktionelle Organisation des vegetativen Nervensystems, Basel (1948)
- ISTOMANOW, S. u. TARCHANOFF, J.: zit. bei LANDOIS, L. (Lehrbuch der Physiologie des Menschen)

- JAMES, W.: zit. bei KOTTMEYER, G.
- JUNG, R.: Handbuch der Inneren Medizin, Band 5 Teil 1  
Springer-Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg (1953)
- KAINDL, F., POLZER, K. u. SCHUHFRIED, F.: Verh. Dtsch. Ges.  
Kreislauffg. 22, 241 Darmstadt (1956)
- KETY: zit. bei REIN-SCHNEIDER
- KIESOW, W.: Versuche mit MOSSOs Sphygmomanometer über durch  
psychische Erregung hervorgerufene Veränderungen des  
Blutdrucks beim Menschen, Wundt. Philosoph. Studien  
11, 376 (1895) zit. bei KOTTMEYER, G.
- KLUGE, E. u. FRIEDEL, B.: Über die Einwirkung einförmiger  
akustischer Reize auf den Funktionszustand des Gehirns.  
Z. Psychother. med. Psychol. 3, 212 (1953) zit. bei GEIGY, J. R.
- KOTTMEYER, G.: Die Möglichkeiten objektiver Höruntersuchungen,  
Dtsch. med. J., J. 11 H. 5 (1960)
- KOTTMEYER, G.: Plethysmographische Untersuchungen nach schwel-  
lenhaften sensorischen und sensiblen Reizen,  
Arch. Ohr., Nas.-u. Kehlk.-Heilk. 177, 297 (1961)
- KOTTMEYER, G.: Über Durchblutungsänderungen nach Geruchs-  
reizen, Arch. Ohr., Nas.-u. Kehlk.-Heilk. 171, 291 (1958)
- KOTTMEYER, G.: Wirkungen des Lärms auf den Menschen,  
HNO-Wegweiser, 9. Bd. 3. Heft S. 66, Dez. (1960)
- KRAEPELIN zit. bei BRACHMANN, M.
- KRETSCHMER, E.: Medizinische Psychologie, Thieme Verlag (1950)
- KÜPPERS, E.: BUMKES Handbuch der Geisteskrankheiten, 3, 130  
Springer-Verlag, Berlin (1928) zit. bei KOTTMEYER, G.
- KUNDT, H. W., BRÜCK, K. u. HENSEL, H.: Hypothalamustemperatur u.  
Hautdurchblutung der nicht narkotisierten Katze, Pflügers  
Arch. ges. Physiol. 264, 97 (1957) zit. bei KOTTMEYER, G.
- LAIRD, D. A.: The influence of noise on production and fatigue,  
as related to pitch, sensation level, and steadiness of the  
noise, J. appl. Psychol. 17, 320 (1933) zit. bei GEIGY, J. R.
- LANGE, C.: Über Gemütsbewegungen (1885), Dtsch. Übers. (1887)  
zit. bei KOTTMEYER, G.
- LEHMANN, G.: Lärm als Noxe Teil 1, Ther. d. Gegenw. 5, 625 (1964)
- LEHMANN, G.: Lärm als Noxe Teil 2, Ther. d. Gegenw. 6, 759 (1964)
- LEHMANN, G.: Lärm als Noxe Teil 3, Ther. d. Gegenw. 7, 874 (1964)
- LEHMANN, G. u. MEYER-DELIUS, J.: Gefäßreaktionen der Körper-  
peripherie bei Schalleinwirkung, Forschungsber. d. Wirt-  
schafts-u. Verkehrsministeriums NRW 517 (1958)
- LEHMANN, G. u. TAMM, J.: Über Veränderungen der Kreislauf-  
dynamik des ruhenden Menschen unter Einwirkung von  
Geräuschen. Int. Z. angew. Physiol. 16, 217 (1956)
- MAGOUN, H. W.: Caudal and cephalic influences of brain stem  
reticular formation, Physiologic. Rev. 30, 459 (1950)  
zit. bei REIN-SCHNEIDER
- MATTHES, K.: Kreislaufuntersuchungen am Menschen mit fort-  
laufend registrierenden Methoden, Stuttgart (1951)  
zit. bei KOTTMEYER, G.
- MENTZ, P.: Die Wirkung akustischer Sinnesreizung auf Puls  
und Atmung, Wundt. Philosoph. Studien 11, 61 (1859)  
zit. bei KOTTMEYER, G.
- MILLS, P. J., DERBYSHIRE, A. J. u. CARTER, R. L.: Changes evoked  
by auditory stimulation in the EEG in sleep,  
EEG clin. Neurophysiol. 13, 79 (1961)
- MÜLLER, L. R.: Über den Schlaf, Berlin, München (1948)
- MÜLLER-SEIFERT: Taschenbuch der Medizinisch-Klinischen  
Diagnostik, 68. Aufl. München (1962)
- MOSSO, A.: zit. bei KOTTMEYER, G.

- OPPLIGER, G.C. u. GRANDJEAN, E.: Vasomotorische Reaktionen der Hand auf Lärmreize, *Helv. physiol. pharmacol. Acta* 17, 275 (1959) zit. bei GEIGY, J.R.
- OSWALD, I., TAYLOR, A.M. u. TREISMANN, M.: Cortical function during human sleep, Ciba Foundation Symposium, London (1961)
- PEIPER, A.: Der Schlaf des Kindes, *Münch. med. Wschr.* 85, 1585 (1938)
- PEIPER, A.: Über die Reizbarkeit im Schlafe, *Med. Klinik* 20, 1559 (1924)
- RANSON, S.W. u. MAGOUN, H.W.: zit. bei MÜLLER, L.R.
- RASMUSSEN, A.T.: The Principal Nervous Pathways, New York (1947)
- REIN-SCHNEIDER: Einführung in die Physiologie des Menschen, Springer-Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg (1960)
- RIEBELING, C.: Physiologie des Schlafes, *Universitas* 2, 939 (1952)
- ROSENAU, H.: Die Schlafbeschallung, *Z. Laryng. Rhinol.* 41, 194 (1962)
- ROTHLIN, E. u. BLUNTSCHLI, H.J.: Plethysmographische Untersuchungen, *Helv. physiol. pharmacol. Acta* 2, 149 (1944)
- ROTHMANN, H.: Über den groÙhirnlosen Hund, *Z. Neur.* 87, 247 (1923) zit. bei HESS, W.R.
- STEINICKE, G.: Die Wirkungen von Lärm auf den Schlaf des Menschen, Forschungsber. d. Wirtschafts- u. Verkehrsministeriums NRW 416 (57)
- STEINMANN, B., JAGGI, U. u. WIDMER, J.: Über den Einfluß von Geräuschen und Lärm auf den Blutdruck des Menschen, *Cardiologia Basel* 27, 223 (1955) zit. bei GEIGY, J.R.
- STEVENS, S.S.: The Effects of Noise and Vibration on Psychomotor Efficiency, Harvard University, Psycholog. Laboratory, OSRD Report 32 u. 274 (1941) zit. bei GEIGY, J.R.
- STURM, A.: Grunzbegriffe der Inneren Medizin, Stuttgart (1955)
- TRÄNKLE, W.: Musik in der Medizin, Beitrag Musiktherapie 57, (1958) zit. bei KOTTMEYER, G.
- UGIOW, W., MARTSCHENJA, A. u. GOLDBERG, A.: Über die Wirkung von Lärm und Erschütterung auf den Gasaustausch, *Arbeitsphysiologie* 9, 387 (1937)
- VERAGUTH, C.: Das psychogalvanische Reflexphänomen, Monatsheft für Psychiater u. Neurologen (1907/08) zit. bei KOTTMEYER, G.
- VERZEANO, M. u. NEGISHI, K.: Neuronal activity in wakefulness and sleep, Ciba Foundation Symposium, London (1961)
- WAGNER, H.: Zur Methodik der Schlafbeschallung, *Z. Laryng. Rhinol.* 42, 139 (1963)
- WANDEL, E.: Volumenpulsmessungen nach schwelennahen akustischen Reizen bei normalhörenden Kindern vor und nach Verabreichung von Thioridazin, *Med. Diss.*, Marburg (1965)
- WEBER, E.: Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper, Berlin (1910) zit. bei KOTTMEYER, G.
- WEDENBERG, E.: Auditory test on new-born infants, *Acta otolaryng.* 46, 446 Stockholm (1956); zit. bei ROSENAU, H.
- WILLIAMS, W.G. u. GRAHAM, J.T.: EEG Responses to Auditory Stimuli in Waking Children, *J. Speech Hearing Res.* 6, 1 (1963)
- WITTKOWER, E.: Einfluß der Gemütsbewegungen auf den Körper, Wien u. Leipzig (1937), zit. bei KOTTMEYER, G.
- WOLSTENHOLME, G.E.W. u. O'CONNOR, M.: The nature of sleep, Ciba Foundation Symposium, London (1961)
- WUNDT, W.: Grundzüge der physiologischen Psychologie, Leipzig (1893), zit. bei WANDEL, E.
- WUSTROW, F. u. WIECK, H.H.: Elektromyographische Untersuchungen am menschlichen M. vocalis und ihre Bedeutung für die Theorie über die Entstehung der Stimm lippen schwingung, *Z. Laryng. Rhinol.* 42, 118 (1963)

Herrn Professor Dr. J. Berendes,  
Direktor der Universitätsklinik  
für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke,  
danke ich, daß ich an seiner Klinik  
habe arbeiten dürfen.

Ebenso bedanke ich mich bei dem Herrn  
Dozenten Dr. G. Kottmeyer für die  
Überlassung des Themas und die freund-  
liche Hilfe bei der Durchführung der  
Versuche und bei der Abfassung der  
Dissertation.

## Lebenslauf

Am 22. Juni 1938 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Dr. med. dent. Kurt Heimann und seiner Ehefrau Charlotte, geborene Mampe, in Hagen (Westfalen) geboren. Im Oktober 1943 wurde ich mit meiner Mutter und zwei Geschwistern nach Lauenburg (Pommern) evakuiert. Im März 1944 zogen wir nach Fredeburg (Sauerland). Im September des gleichen Jahres wurde ich dort in die Volksschule eingeschult. Im Dezember 1945 kehrten wir nach Hagen zurück. Nach dem Besuch der Wesselbach-Schule in Hohenlimburg und der Volksschule Feithstraße in Hagen wurde ich Ostern 1949 in die Sexta des Städtischen Gymnasiums in Hagen aufgenommen. Im März 1959 bestand ich dort die Reifeprüfung.

Das Studium der Zahnmedizin begann ich im Sommersemester 1959 in Marburg/Lahn, wo ich am 25. Oktober 1961 die Zahnärztliche Vorprüfung bestand. Nach dem ersten klinischen Semester in Marburg studierte ich im Sommerhalbjahr 1962 an der Universität in Wien. Zum Wintersemester 1962/63 kehrte ich nach Marburg zurück, wo ich am 21. September 1964 das Zahnmedizinische Staatsexamen bestand. Zur Zeit bin ich als Assistent in der Praxis meines Vaters in Hagen tätig.

Marburg/Lahn, im März 1965

(Günter Heimann)

Meine akademischen Lehrer waren die Professoren  
und Dozenten:

an der Philipps - Universität in Marburg/Lahn:

Braun-Falco, Dimroth, Gedigk, Hamm, Hartmann,  
Hennies, Hering, Heuser, Hornung, Janke, Korb,  
Kottmeyer, Lang, Löhr, Mahr, Marx, Maurath,  
Meyer, Niessing, Oksche, Pantke, Petry, Pfütz,  
Rosemann, Schiff, Schmid, Schrappe, Seidel,  
Siegert, Siess, Vogt, Walcher, Würtele

an der Universität in Wien:

Keresztesi, Langer, Petrik, Ullik







